

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS VETERINÁRIAS**

DEIVID FRANÇA FREITAS

**ANÁLISE ESPACIAL DO RISCO DE FASCILOSE BOVINA
NO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO POR MEIO DOS
SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS**

**ALEGRE – ES
2013**

DEIVID FRANÇA FREITAS

**ANÁLISE ESPACIAL DO RISCO DE FASCIULOSE BOVINA
NO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO POR MEIO DOS
SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do Título de **Mestre em Ciências Veterinárias**, linha de pesquisa em Diagnóstico e Terapêutica das Enfermidades Clínico-Cirúrgicas.

Orientadora: Profa. Dra. Isabella Vilhena Freire Martins

Co-orientador: Prof. Dr. Alexandre Rosa dos Santos

**ALEGRE – ES
2013**

Dados Internacionais de Catalogação-na-publicação (CIP)
(Biblioteca Setorial de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Espírito Santo, ES, Brasil)

F866a Freitas, Deivid França, 1980-
Análise espacial do risco de fasciolose bovina no estado do Espírito Santo por meio dos sistemas de informações geográficas. – 2013.
106 f. : il.

Orientadora: Isabella Vilhena Freire Martins.
Coorientador: Alexandre Rosa dos Santos.
Dissertação (Mestrado em Ciências Veterinárias) – Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Agrárias.

1. Bovino - Doenças. 2. Fígado - Doenças. 3. Ruminante. 4. Matadouros. 5. Saúde pública veterinária – Espírito Santo (Estado). 6. Sistemas de informação geográfica. 7. Análise espacial (Estatística). I. Martins, Isabella Vilhena Freire. II. Santos, Alexandre Rosa dos. III. Universidade Federal do Espírito Santo. Centro de Ciências Agrárias. IV. Título.

CDU: 619

DEIVID FRANÇA FREITAS

ANÁLISE ESPACIAL DO RISCO DE FASCIULOSE BOVINA
NO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO POR MEIO DOS
SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do Título de Mestre em Ciências Veterinárias, linha de pesquisa em Diagnóstico e Terapêutica das Enfermidades Clínico-Cirúrgicas.

Aprovada em 27 de fevereiro de 2013.

COMISSÃO EXAMINADORA

Profa. Dra. Isabella Vilhena Freire Martins
Universidade Federal do Espírito Santo
Orientadora

Prof. Dr. Alexandre Rosa dos Santos
Universidade Federal do Espírito Santo
Co-orientador

Prof. Dr. Clóvis de Paula Santos
Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro

Prof. Dra. Graziela Barioni
Universidade Federal do Espírito Santo

DEDICATÓRIA

Dedico a todos aqueles que contribuíram em minha formação, em especial minha mãe Regina Coeli da Silva França que tanto me apoiou nos meus estudos.

AGRADECIMENTOS

Como é emocionante escrever os agradecimentos em uma dissertação de mestrado, principalmente quando se tem tanto e a tantas pessoas a agradecer.

Primeiramente gostaria de lembrar onde tudo começou, na Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, local fundamental em minhas escolhas, pois se não tivesse sido selecionado pelo Programa de Pós Graduação em Ecologia e Recursos Naturais, não estaria aqui, hoje, em fase final de meu mestrado. Foi no referido programa que descobri minha verdadeira vocação, pois me vi diante de situações que não me traziam satisfação alguma, então decidi que não era aquilo que eu queria para minha vida. Ainda no programa, me prestei para seleção do Programa de Pós Graduação em Ciências Veterinárias na Universidade Federal do Espírito Santo, uma vez aprovado, abandonei tudo, e a partir daí, exatamente nesse momento, que eu percebi o que era estar de bem consigo mesmo e fazendo aquilo que mais gostava. Estudar o universo da parasitologia.

Na UFES, conheci pessoas das quais tiveram seu merecido valor em minha formação. Dentre estas eu quero imensamente agradecer a minha orientadora e professora Isabella Vilhena Freire Martins, que acreditou no meu potencial e que me fez acreditar que eu era capaz.

Ao professor e também orientador da época da graduação Dirlei Molinari Donatelle, o qual, quando ainda mestre, trilhou comigo os primeiros passos para a ciência da parasitologia.

Aos professores do Departamento de Medicina Veterinária Louisiane de Carvalho Nunes, Leonardo de Oliveira Trivilin e Marcus de Freitas Ferreira.

Ao professor Alexandre Rosa dos Santos e sua esposa Gleysse Mary Amaral Dino Alves dos Santos pela colaboração na confecção dos mapas em SIG.

Aos amigos que fiz nos Laboratórios de Parasitologia, Patologia e de Inspeção do Hospital Veterinário. Em especial Marcelle Temporim Novaes, braço direito nos experimentos e na vida, Barbara Rauta de Avelar, amiga de todas as horas, Anderson Barros Archanjo, sempre por perto, Priscilla Cortizo Costa, amiga que sempre se mostrou pronta a ajudar.

Aos meus queridos e estimados alunos do curso de Bacharelado em Ciências Biológicas da Universidade Federal do Espírito Santo, dos quais muitos se tornaram

amigos e me ensinaram que o processo de ensino-aprendizagem está muito além das salas de aula.

A veterinária Priscila da Costa pela atenção dada e pelo fornecimento dos mapas de abate no matadouro de Anchieta.

Aos amigos pessoais que sempre estiveram ao meu lado em especial a Marlene Chiba, Wellington Barbosa Jr. e Jaqueline Ardisson além é claro, daqueles que eu nem conheço pessoalmente, mas ouviram prontamente todas minhas aflições via redes sociais.

A minha amada mãe, Regina pelos incentivos moral e financeiro, que sem ela não teria chegado até aqui.

Aos meus familiares, em especial Jorge Francisco Chrisóstimo Coelho, primo e irmão, sempre me dando força nos momentos difíceis.

Aqueles que mesmo tendo participação secundária em minha formação, merecem meu devido agradecimento.

A Professora Dalza Gomes da Silva da Fundação Universidade Federal de Rondônia, pelo incentivo de sempre para que eu continuasse firme em meus propósitos e estudos.

Aqueles que não acreditaram no meu potencial, que sempre me criticaram por alguma razão. A esses eu agradeço de coração, pois sem eles eu não teria combustível para seguir sempre em frente e chegar cada vez mais longe.

Ao Instituto de Defesa Agropecuária e Florestal do Espírito Santo e a Superintendência Federal do Ministério da Agricultura no Espírito Santo (MAPA-ES) pelo fornecimento das informações inseridas nos mapas de abate dos matadouros sob inspeção de todo o estado.

E finalmente, a CAPES, com o apoio pela bolsa e pelo projeto (Procad 093/2007) e a FAPES pelo novo projeto (FAPES proc. n° 54695244).

A todos, meu muito obrigado!

EPIÍGRAFE

"Eu pulo, eu ignoro, eu persisto, eu subo. Eu acho o caminho, eu vou em frente, nada detém o conhecimento, não importa a onde não importa como".

Chamada do Canal Futura 2012.

RESUMO

A fasciolose é uma enfermidade que acomete os ruminantes domésticos e selvagens e eventualmente o homem. Por ocasionar grandes perdas econômicas à pecuária mundial e pelo alto poder de disseminação, buscou-se alternativas para facilitar a compreensão e visualização da doença delimitando possíveis áreas de risco no estado do Espírito Santo. Dessa forma, foram elaborados mapas de favorabilidade sobre o risco atual e futuro para *F. hepatica* com base em variáveis ambientais e climáticas consideradas fundamentais para manutenção da doença e mapas de zoneamento bioclimatológico e de prevalência por meio do Sistema de Informações Geográficas (SIG). Os dados de abate de bovinos no Espírito Santo foram coletados junto a 11 matadouros fiscalizados pelos serviços de inspeção federal e estadual (SIF/SIE/MAPA), além das origens do gado abatido em um matadouro localizado no município de Anchieta nos anos de 2009 à 2011. Assim, os resultados do mapeamento demonstraram que as áreas de alto risco perfizeram um total de 35,42% para o risco atual e tenderam a diminuir com os acréscimos de 1°C a 5°C na temperatura para 33,84%. O mapa de zoneamento demonstrou que 52,24% das áreas do estado encontram-se em zonas consideradas aptas para o desenvolvimento da doença. A combinação dos mapas gerados pelo zoneamento e das prevalências observadas nos 11 matadouros distribuídos no estado demonstraram que as maiores prevalências foram verificadas nos municípios situados na região Sul com médias que variaram de 0,01% à 28,41%. Dessa forma, ficou evidente que dados epidemiológicos aliados ao SIG podem ser considerados uma ferramenta valiosa para a tomada de decisões que visem minimizar a ocorrência e priorizar estratégias de prevenção e controle da fasciolose no Espírito Santo.

Palavras-chave: *Fasciola hepatica*, bovinos, prevalência, mudanças climáticas, matadouro.

ABSTRACT

The fasciolosis is a disease that affects domestic and wild ruminants and eventually the man. By causing great economic losses to cattle ranching and the high power of global dissemination, it sought alternatives to facilitate the understanding and visualization of disease delimiting potential risk areas in the Espírito Santo state. Thus, favorability maps were drawn on the current and future risk to *F. hepatica* based on climatic and environmental variables considered essential for maintenance of the disease and bioclimatological zoning maps and prevalence through the Geographic Information System (GIS). The data of cattle slaughter in the Espírito Santo were collected from the 11 slaughterhouses supervised by federal and state inspection services (SIF/SIE/MAPA), beyond the origins of livestock slaughtering in a slaughterhouse located in the municipality of Anchieta in the years 2009 to 2011. So, mapping results showed that areas of high risk gaskets totaled 35.42% for the current risk and tended to lessen with increases of 1°C to 5°C in temperature for 33.84%. The zoning map showed that 52.24% of the state areas are located in zones considered suitable for disease development. The combination of maps generated by zoning and prevalence of the 11 slaughterhouses distributed in the state showed that the highest prevalence rates were found in the municipalities located in the Southern region with averages ranging from 0.01% to 28.41%. Considering the result became clear that the epidemiological data, combined with GIS become a valuable tool for making decisions in order to minimize the occurrence and prioritize strategies for prevention and control of fasciolosis in Espírito Santo.

Keywords: *Fasciola hepatica*, cattle, prevalence, climate change, slaughterhouse.

LISTA DE FIGURAS

Capítulo 1- Zoneamento Bioclimatológico e Mapas de Prevalência para *Fasciola hepatica* no Estado do Espírito Santo, Brasil.....32

Figura 1 - Mapa territorial do estado do espírito Santo, sua localização e seus pontos mais elevados em 3D.....37

Figura 2 - Fluxograma demonstrativo sobre as etapas realizadas para a geração do zoneamento e dos mapas de prevalências.....42

Figura 3 - Zoneamento bioclimatológico para *F. hepatica* no estado do Espírito Santo com suas respectivas classes de aptidão.....44

Figura 4 - Mapa com as médias de prevalências de fasciolose bovina no estado do Espírito Santo nos anos de 2009 à 2011.....47

Figura 5 - Mapa com as médias de prevalências de fasciolose bovina e suas origens no estado do Espírito Santo nos anos de 2009 à 2011 segundo dados fornecidos por um matadouro localizado em Anchieta.....50

Capítulo 2- Mudanças climáticas e a previsão de risco futuro para fasciolose bovina no estado do Espírito Santo, Brasil.....59

Figura 1 - Mapa territorial do estado do espírito Santo, sua localização e seus pontos mais elevados em 3D.....64

Figura 2 - Fluxograma demonstrativo sobre as etapas realizadas para a geração dos mapas de risco para fasciolose bovina no estado do Espírito Santo.....69

Figura 3 - Mapas de risco para fasciolose bovina no estado do Espírito Santo com a temperatura atual e com acréscimo de 1°C.....72

Figura 4 - Mapas de risco para fasciolose bovina no estado do Espírito Santo com acréscimos de 2°C e 3°C.....73

Figura 5 - Mapas de risco para fasciolose bovina no estado do Espírito Santo com acréscimos de 4°C e 5°C.....74

LISTA DE TABELAS

Capítulo 1- Zoneamento Bioclimatológico e Mapas de Prevalência para *Fasciola hepatica* no Estado do Espírito Santo, Brasil.....32

Tabela 1 - Atributos necessários para geração do balanço hídrico bioclimatológico proposto por Thornthwaite e Matter (1955).....38

Tabela 2 - Variáveis adotadas para geração do zoneamento com suas respectivas áreas aptas, restritas e inviáveis para ocorrência da fasciolose no estado do Espírito Santo.....40

Tabela 3 - Classes de aptidão e suas respectivas áreas e perímetro para a fasciolose bovina no estado do Espírito Santo.....43

Tabela 4 - Classes de aptidão e médias de prevalências para fasciolose bovina entre os anos de 2009 à 2011 de acordo com suas distribuições por município do estado do Espírito Santo segundo mapas de abate fornecidos pelo IDAF.....45

Tabela 5 - Classes de aptidão e médias de prevalências para fasciolose bovina entre os anos de 2009 à 2011 de acordo com suas origens por município do estado do Espírito Santo. Dados do matadouro localizado em Anchieta, Sul do estado.....51

Capítulo 2- Mudanças climáticas e a previsão de risco futuro para fasciolose bovina no estado do Espírito Santo, Brasil.....59

Tabela 1 - Atributos necessários para geração do balanço hídrico bioclimatológico proposto por Thornthwaite e Matter (1955).....65

Tabela 2 - Atributos e seus pesos relativos, de acordo com o potencial de risco para fasciolose no estado do Espírito Santo.....66

Tabela 3 - Descrição dos percentuais de previsão das áreas de acordo com as classes de risco e respectivos aumentos de temperatura de 1 a 5°C para o estado do Espírito Santo.....	71
--	----

LISTA DE SIGLAS e/ou ABREVIATURAS

ALT – Altitude

ANA– Agência Nacional de Águas

CAPES – Coordenação e Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior

DR – Declividade Reclassificada

FAPES – Fundação de Amparo à Pesquisa do Espírito Santo

IDAF– Instituto de Defesa Agropecuária e Florestal do Espírito Santo

INCAPER– Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural

INMET– Instituto Nacional de Meteorologia

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change

MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

MDE – Modelo Digital de Elevação

PR – Precipitação Reclassificada

RBF – Risco Bioclimatológico para Fasciolose

SIE – Serviço de Inspeção Estadual

SIF – Serviço de Inspeção Federal

SIG – Sistemas de Informações Geográficas

SRTM – Shuttle Radar Topography Mission

T – Temperatura

TR – Temperatura Reclassificada

UTM – Sistema Universal Transverso de Mercator

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	17
2 REVISÃO DE LITERATURA	19
2.1 ASPECTOS HISTÓRICOS	19
2.2 CICLO BIOLÓGICO DE <i>F. hepatica</i>	20
2.3 HOSPEDEIROS INTERMEDIÁRIOS	21
2.4 EPIDEMIOLOGIA DE <i>F. hepatica</i>	22
2.5 DISTRIBUIÇÃO DE <i>F. hepatica</i> NO MUNDO E NO BRASIL.....	25
2.6 DISTRIBUIÇÃO DA FASCILOSE NO ESPÍRITO SANTO.....	27
2.7 USO DOS SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS NA EPIDEMIOLOGIA DA FASCILOSE	28
2.8 AS MUDANÇAS CLIMÁTICAS E SEUS EFEITOS SOBRE AS PARASITOSE EM RUMINANTES	30
CAPÍTULO 1	32
3 Cap. 1 - ZONEAMENTO BIOCLIMATOLÓGICO E MAPAS DE PREVALÊNCIA PARA <i>Fasciola hepatica</i> NO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO, BRASIL.	33
3.1 RESUMO	33
3.2 ABSTRACT	34
3.3 INTRODUÇÃO	35
3.4 MATERIAL E MÉTODOS.....	37
3.4.1 ÁREA DE ESTUDO	37
3.4.2 LEVANTAMENTO BIOCLIMÁTICO PARA A OCORRÊNCIA DA FASCILOSE	38
3.4.3 ANÁLISE ESTATÍSTICA E GERAÇÃO DE DADOS CARTOGRÁFICOS..	39
3.4.4 ZONEAMENTO BIOCLIMATOLÓGICO PARA OS 78 MUNICÍPIOS.....	41
3.4.5 OBTENÇÃO DOS DADOS DE INFECÇÃO POR <i>Fasciola hepatica</i>	41
3.4.6 GERAÇÃO DOS MAPAS FINAIS DE PREVALÊNCIA	41

3.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	43
3.5.1 PREVALÊNCIA DA FASCILOSE SIF/SIE/MAPA.....	43
3.5.2 PREVALÊNCIA DA FASCILOSE EM UM MATADOURO NO MUNICÍPIO DE ANCHIETA, SUL DO ESPÍRITO SANTO	48
3.6 CONCLUSÃO	53
3.7 REFERENCIAS.....	54
CAPÍTULO 2.....	59
4 Cap. 2 - MUDANÇAS CLIMÁTICAS E A PREVISÃO DE RISCO FUTURO PARA FASCILOSE BOVINA NO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO, BRASIL.	60
4.1 RESUMO	60
4.2 ABSTRACT	61
4.3 INTRODUÇÃO	62
4.4 MATERIAL E MÉTODOS.....	64
4.4.1 ÁREA DE ESTUDO	64
4.4.2 FATORES DETERMINANTES PARA A FASCILOSE NO ESPÍRITO SANTO	65
4.4.3 MODELO DE RISCO BIOCLIMATOLÓGICO	66
4.4.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA E GERAÇÃO DE DADOS CARTOGRÁFICOS..	67
4.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	70
4.6 CONCLUSÕES	77
4.7 REFERENCIAS.....	78
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	83
6 REFERENCIAS GERAIS	84
7 ANEXOS	97

1 INTRODUÇÃO

Os agentes causadores da fasciolose são helmintos pertencentes a classe Trematoda da família Fasciolidae, gênero *Fasciola* conhecidos principalmente como *F. hepatica* e *F. gigantica*, sendo este último restrito ao velho mundo (MAS-COMA et al. 2005).

Originária da Europa, *F. hepatica* alcançou todos os continentes possivelmente devido à colonização, o transporte e o livre comércio de animais. A primeira referência a doença deu-se em 1379 por Jehan de Brie e desde então a família Fasciolidae Railliet de 1895 incorpora em sua classificação esses indivíduos que habitam os canais biliares de herbívoros domésticos e selvagens em diferentes partes do mundo (ROJO-VAZQUEZ et al., 2012).

No Brasil, os primeiros relatos da doença, ocorreram no estado do Rio de Janeiro entre os anos de 1920 (LUTZ, 1921). Desde então, a fasciolose tem sido comumente registrada em quase todas as regiões brasileiras, porém com maiores índices registrados no Sul e Sudeste (SERRA-FREIRE, 1995; CUNHA et al. 2007; OLIVEIRA et al., 2007; DUTRA et al., 2010; MARTINS et al., 2012) além de diversos países da América Latina, inclusive onde observa-se altitudes superiores a 3000m, como Bolívia, Equador e Peru (MAS-COMA et al., 2001; MAS-COMA et al., 2005; PARKINSON et al., 2007).

Por acometer principalmente os ductos biliares de diferentes espécies de ruminantes incluindo ovinos, caprinos, bovinos, bubalinos, asininos, equinos e alguns animais selvagens, *F. hepatica* é responsável por diversas perdas econômicas na pecuária mundial, devido à redução das carcaças, condenação de fígados, redução da produção leiteira, atrasos no desenvolvimento e em sua forma mais grave, levando a morte do animal (MAS-COMA et al., 2001).

Para a ocorrência da fasciolose é necessário uma série de fatores. Dentre estes, incluem-se: a presença de seus hospedeiros intermediários, que são moluscos do gênero *Lymnaea*, a temperatura ambiente variando entre 10°C e um pouco mais que 25°C (Rapsch et al., 2008), umidade e precipitação elevada, além de fatores geomorfológicos (ROJO-VAZQUEZ et al., 2012).

Devido a estrita dependência das condições climáticas, necessárias para o desenvolvimento e sobrevivência das formas larvais de *F. hepatica* e de seus hospedeiros intermediários, as mudanças ocasionadas pelo aquecimento global

podem gerar efeitos adversos a ambos, uma vez que alguns estudos sugerem que surtos ocasionais da fasciolose poderão surgir devido a expansão geográfica de seus hospedeiros intermediários (MAS-COMA et al., 2009).

Assim, diversos estudos relacionados às mudanças do clima e sua influência na epidemiologia da fasciolose têm sido realizados para prever possíveis surtos e contribuir na redução e prevenção do risco para a doença em escalas futuras (HOPE-CAWDERY, 1981; DE WAAL et al., 2007; KENYON et al., 2009; MAS-COMA et al., 2009; MCCANN et al., 2010; FOX et al., 2011; WALKER et al., 2011).

Nesse sentido, a análise e a distribuição desta parasitose no espaço e no tempo por meio do SIG (Sistema de Informações Geográficas), são de grande importância, uma vez que os estudos da variação espacial poderão ser utilizados como indicativo dos riscos aos quais as diferentes populações podem estar expostas. O uso das geotecnologias permite ainda, acompanhar a disseminação da doença por meio de dados cartográficos para uma melhor compreensão e visualização dos fatores vinculados à transmissão e propagação da fasciolose no ambiente (SANTOS et al., 2010).

Dessa forma, buscou-se realizar o mapeamento epidemiológico da fasciolose no estado do Espírito Santo, caracterizando sua distribuição espacial, temática e temporal, com auxílio do SIG e ainda atribuir a favorabilidade ao risco para *F. hepatica* por meio da elaboração de um modelo de previsão dos possíveis impactos que as mudanças climáticas poderão ocasionar sobre a doença.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 ASPECTOS HISTÓRICOS

A fasciolose é uma doença causada por parasitos pertencentes ao filo Plathelminthes, classe Trematoda, família Fasciolidae, sendo os agentes causadores as espécies *Fasciola hepatica* e *Fasciola gigantica*. Estes organismos são facilmente reconhecidos devido a suas características anatômicas peculiares, como corpo achatado dorso-ventralmente e foliáceo, coloração avermelhada e revestidos por uma fina cutícula (OLIVEIRA e FILHA, 2009).

Originária da Europa, a fasciolose teve suas primeiras referências realizadas em ovinos por Jehan de Brie em 1379, um francês que foi requisitado pelo rei Carlos V da França para descrever um tratado sobre a gestão adequada dos rebanhos ovinos e sobre a produção de lã naquele País (Rojo-Vazquez et al., 2012), mas Francisco Redi (1626-1698) reproduziu pela primeira vez sobre o papel, o parasito em sua forma adulta, que foi publicado em 1688. Não obstante, em 1758 Karl Von Linneu (1707-1778) naturalista e médico, um dos precursores da sistemática moderna e criador da nomenclatura binominal, denominou o então chamado “Liver Fluke” dos Ingleses, por *Fasciola hepatica* Linnaeus, 1758 (HATSCHBACH, 1995).

Como hospedeiros intermediários, várias espécies de moluscos gastrópodes pulmonados do gênero *Lymnaea* são peças fundamentais para o desenvolvimento do ciclo biológico do Trematódeo (UETA, 1976). David Weinland, pesquisador alemão, descobriu ser este gênero de moluscos, os hospedeiros intermediários de *F. hepatica* (HATSCHBACH, 1995). Posteriormente, diferentes espécies de Lymnaeidae foram descritos como os principais hospedeiros do parasito em diversas partes do mundo, dos quais, no Brasil destacam-se *Lymnaea columella* (Say, 1817), *L. viatrix* (Orbigny, 1835) e *L. cubensis* (Pfeiffer, 1839) (MAURE et al., 1998).

Em 1773 Otto Frederik Miller (1730-1784) visualizou ao microscópio pequenas estruturas que ele deduziu serem protozoários. Finalmente em 1817, Nitzsch reconheceu a semelhança morfológica entre a estrutura antes observada com as formas adultas de *F. hepatica* (HATSCHBACH, 1995). Mas somente no final do século XIX A. P. Thomas em 1883, considerou a forma estrutural da cercária como sendo parte integrante do ciclo de vida do parasito e assim pode descrever

completamente o ciclo biológico de *F. hepatica* e identificou *L. truncatula* como principal hospedeiro intermediário na Inglaterra (THOMAS, 1883).

Entretanto, é difícil assegurar exatamente a primeira ocorrência do parasito, uma vez que achados arqueológicos encontrados em coprólitos de animais domésticos e em humanos possuem datações próximas à 10.000 anos e foram encontrados em Países na região do Velho Mundo (SIANTO et al., 2009).

2.2 CICLO BIOLÓGICO DE *F. hepatica*

Os ovos do Trematoda *Fasciola hepatica* são transferidos do hospedeiro vertebrado para o ambiente por meio das fezes. Normalmente, em torno de 9 a 14 dias sob condições ótimas de luminosidade, temperatura e umidade, eclodem larvas ciliadas conhecidas por miracídios, que permanecem no ambiente aquático por até 6 horas, movimentando-se por meio de cílios ordenados até encontrar seus hospedeiros intermediários, moluscos gastrópodes do gênero *Lymnaea* (KAPLAN, 2001).

Após penetrar o molusco através da sua massa visceral, a larva perde o envoltório ciliado e transforma-se em esporocisto, dentro dos quais, por meio de sucessivas divisões mitóticas de células germinativas, terão origem as rédias. Destas, desenvolverão novas estruturas dotadas de caldas, as cercárias, que dentro de 5 a 7 semanas, abandonarão o corpo do molusco e nadarão ativamente até fixar-se sobre um substrato, geralmente sobre a vegetação, onde perdem a calda e por meio de células cistogênicas secretam um envoltório protetor, pelo qual encistam-se, transformando-se em formas resistentes e infectantes, as metacercárias (HATSCHBACH, 1995; MITCHELL, 2004).

O hospedeiro vertebrado infecta-se ao ingerir as metacercárias que por ventura possam estar presentes na vegetação, em suspensão no solo ou até mesmo pela ingestão da água contaminada pelas formas infectantes (KAPLAN, 2001). No trato digestivo do hospedeiro definitivo, os parasitos desencistam-se na luz do tubo digestivo e atravessam as paredes do intestino delgado, caindo na cavidade abdominal e logo alcançam o fígado, onde conseguem penetrá-lo por meio da cápsula biliar. Em cerca de 5 semanas, as formas juvenis permanecem migrando pelo parênquima hepático formando túneis causando a destruição dos hepatócitos e endotélio com acentuada hemorragia até alcançarem o ducto biliar e atingirem a

maturidade sexual. Em torno de 60 dias, após a instalação da infecção no hospedeiro, têm início a postura dos ovos, que via canal colédoco, chegam ao intestino onde serão eliminados junto com as fezes, garantindo assim a manutenção do ciclo (SERRA-FREIRE, 1995).

Vale ressaltar que embora o ciclo de *F. hepatica* obedeça aos mesmos padrões de desenvolvimento, os perfis de transmissão podem ser diferentes para determinadas regiões geográficas, o que dependerá dos fatores ambientais e climáticos envolvidos, como a temperatura, a altitude, a precipitação e presença de hospedeiros intermediários do gênero *Lymnaea* (KAPLAN, 2001).

2.3 HOSPEDEIROS INTERMEDIÁRIOS

No mundo existem várias espécies de moluscos do gênero *Lymnaea* que participam como hospedeiros intermediários do ciclo biológico de *Fasciola hepatica*. Dentre eles destacam-se as espécies *L. columella* (Say, 1817), *L. truncatula* (Thomas, 1883), *L. viatrix* (Orbigny, 1835), *L. cubensis* (Krull, 1933), *L. philippinensis* (Jesus, 1935), *L. stagnalis*, *L. peregrina* (Clessin, 1882), *L. rupestris*, *L. oahuensis*, *L. rubella*, *L. tenuistratus*, *L. previa*, *L. japonica*, *L. natalensis* além de algumas espécies de moluscos de outros gêneros como *Bulinus tropicus* (Lemaire, 1936), *Physa fontinalis*, *Physa cubensis* e *Physa venustula* (SERRA-FREIRE, 1995).

No Brasil apenas os representantes do gênero *Lymnaea* são encontrados como os principais hospedeiros do parasito, e dentre estes, *L. viatrix*, *L. rupestris*, *L. cubensis* e *L. columella* são os mais comuns (UETA, 1976).

Estudos experimentais associados a distribuição dos moluscos do gênero *Lymnaea* são de fundamental importância para o entendimento da fasciolose, uma vez que a dinâmica e a dispersão destes, influenciam positivamente para a incidência de casos da doença em diversas regiões (AL-JIBOURI et al., 2011).

É sabido, que a distribuição dos moluscos e a epidemiologia da fasciolose, estão intimamente ligados aos efeitos do ambiente e da temperatura. Uma ampla faixa de variação nesta (entre 4,4°C a 28,4°C) pode garantir o sucesso reprodutivo do molusco e conseguinte o desenvolvimento do parasito *F. hepatica*. Mas períodos de altas ou baixas temperaturas diminuem as populações de moluscos, o que gera um efeito cascata sobre as populações do parasito, mas o aumento das chuvas reduzem as consequências deletérias a estes organismos (MAURE et al., 1998).

Neste sentido, Prepelitchi et al. (2011) em um estudo realizado na Argentina sobre a influência da temperatura e da umidade nas populações de caramujos do gênero *Lymnaea*, encontraram uma abundância maior de moluscos no período do inverno, entre os anos de 2002 à 2005. Eles atribuíram estes resultados aos efeitos nocivos que um período de seca observado no verão anterior ao estudo atribuiu aos espécimes, neste caso foi necessário cerca de 3 meses após a chegada das chuvas para uma completa recuperação da população de *Lymnaea*.

Maure et al. (1998) encontraram um efeito semelhante sobre a influência da temperatura e das chuvas sobre as populações de moluscos. Mas eles observaram uma maior abundância de *Lymnaea* nos meses do verão, antagonicamente ao estudo de Prepelitchi et al. (2011), uma vez que esse maior número no verão foi atribuído ao período de chuvas na região estudada, que teve início nos meses que antecederam a estação, o que reforça a importância da precipitação sobre as populações de moluscos.

Kendall e Ollerrenshaw (1963) em uma série de estudos envolvendo a nutrição de limenídeos observaram que o desenvolvimento de *F. hepatica* era em parte influenciado, pelo número de rédias que estavam presentes em cada hospedeiro. De forma ainda mais acentuada, com a quantidade de indivíduos que tinham um maior suprimento de alimento disponível. Neste sentido, os autores sugeriram que poderia existir um ajuste entre *F. hepatica* e seu hospedeiro, e que mais parasitos competiriam por certa quantidade de hospedeiros bem nutridos e tenderiam a crescer de forma mais rápida e vigorosa.

Em relação ao tamanho da concha, Coelho et al. (2008) observaram em seu estudo que aqueles indivíduos que apresentavam suas conchas em menor tamanho estavam mais suscetíveis à infecção. Este fato sugeriu que os miracídios possuem preferência por indivíduos jovens, uma vez que estes ostentam um sistema imunitário menos eficaz na defesa contra invasores em potencial permitindo assim condições ideais para o desenvolvimento larvar de *F. hepatica*.

2.4 EPIDEMIOLOGIA DE *F. hepatica*

Originalmente a fasciolose era uma enfermidade que acometia os animais domésticos na Europa. Sua distribuição atual mostra como o comércio e importação

de animais pelos colonizadores em diversas regiões do mundo influenciou de maneira significativa essa enzootia (SERRA-FREIRE, 1995).

A epidemiologia da fasciolose está diretamente associada a fatores climáticos, topográficos, pressão de pastejo e principalmente a presença de moluscos, que são os hospedeiros intermediários e que atuam como facilitadores na disseminação da doença (MATTOS et al., 1997).

Normalmente os limnneídeos são encontrados em habitats lóticos, geralmente superficiais e ligeiramente ácidos com circulação hídrica lenta. Estes incluem bancos de areia, valões, córregos e margens de pequenos lagos (MITCHELL, 2004).

As condições ideais para reprodução destes moluscos geralmente é observada logo após a estação chuvosa, devido a formação de novos criadouros e grande quantidade de matéria orgânica, proveniente da proliferação vegetacional no entorno, o que facilita a entrada alóctone de nutrientes e aumenta a disponibilidade nutricional para as algas e microalgas, que servirão de alimento para os caramujos (SILVA et al., 1980; ACHA e SZYFRES, 1986).

Nestes locais, os limnneídeos reproduzem-se exponencialmente. Altamente prolíferos, uma grande quantidade de ovos podem ser formados em poucos dias, aumentando assim as chances de encontros ocasionais entre os miracídios e os parasitos já formados, que por ventura estejam presentes na água e em seus reservatórios (SILVA et al., 1980).

Em relação à infecção dos hospedeiros vertebrados, observa-se que os maiores índices de contaminação dos herbívoros acontecem geralmente na medida em que as temperaturas aumentam no final da primavera e início do verão, associados as grandes quantidades de chuvas que acompanham a estação. Esta estreita relação revela como a dinâmica das populações de moluscos e de parasitos estão intimamente intrincados em uma rede de fatores ecológicos e climáticos (MITCHELL, 2004).

É notavelmente marcante, como na estação seca, uma grande aglomeração de moluscos em determinados locais pode assegurar a transmissão do parasito, uma vez que nestes, o estoque de água é menor, diminuindo assim a área de vazão do corpo de água em questão, favorecendo encontros ocasionais entre o parasito e o hospedeiro. Na estação chuvosa, estas áreas aumentam em tamanho e proporção, o que garante uma maior exposição do hospedeiro definitivo ao parasito (SERRA-FREIRE, 1995).

Em períodos secos quando a água dos açudes e lagos chegam a situação crítica, muitos animais recorrem a estratégias que assegurem sua sobrevivência. Neste sentido, Prepelitchi et al. (2011) observaram na Argentina que muitos moluscos enterravam-se em áreas de banhado entrando em estado de estivação. Nestes locais o solo permanecia úmido ao longo do ano, favorecendo assim que as populações de *Lymnaea* conseguissem sobressair melhor durante a estação mais seca do ano.

Em condições ambientais adequadas de temperatura e precipitação, os caramujos desenvolvem-se rapidamente, o que possibilita a formação de uma nova geração a cada 30 dias. Sabe-se que temperaturas abaixo de 10°C e acima de 26°C são desfavoráveis para o desenvolvimento do parasito, pois podem inibir ou retardar o seu desenvolvimento (MITCHELL, 2004).

Em determinados locais a temperatura não é o fator mais importante para a transmissão e manutenção da fasciolose. Tum et al. (2004) demonstraram em seu estudo no Camboja que a maioria dos rios eram oriundos do derretimento da neve nas montanhas mais altas, o que proporcionava a estes corpos de água uma estabilidade durante todo o ano. Dessa forma, muitas destas áreas encontravam-se constantemente inundadas devido à chuvas ocasionais. Assim, era comum a prática de cultivar arroz nesses alagadiços. Uma vez recuada às águas, estas áreas eram utilizadas para o pastejo de animais, o que favorecia de certa forma a transmissão entre o parasito e seus hospedeiros.

Mas-Coma et al. (2001) relataram que em locais de altitudes elevadas onde é marcada a presença da fasciolose, alguns fatores podem atenuar os efeitos da altitude e assim garantir a propagação da doença. Em seus estudos na Bolívia, eles observaram a existência de uma área endêmica para fasciolose, mas a proximidade com o equador garantia o aumento da temperatura e conseguinte da umidade devido à uma elevada evapotranspiração. A existência de corpos de água nas áreas era decorrente do degelo das montanhas das Cadeias Andinas, o que combinado à existência de camadas freáticas rasas no solo asseguravam as coleções permanentes de água doce.

Ueno et al. (1975) observaram na região do Altiplano Boliviano, parte integrante da Cordilheira dos Andes, que surtos de fasciolose entre os rebanhos de ovelhas eram comuns no período de abril a agosto, uma vez que naquela região são registradas temperaturas muito baixas, porém o clima era predominantemente seco.

Em outro estudo realizado na fronteira do Brasil com o Uruguai, Ueno et al. (1982) constataram que a prevalência da fasciolose em áreas mais baixas ocorriam durante um período de chuva, com uma maior umidade e com temperaturas baixas. Dessa forma, fica claro como a existência de diferenças na ocorrência da doença em regiões distintas e que estas podem ser influenciadas principalmente pelo ambiente e pelo regime de chuva.

As variações geográficas entre os indivíduos também podem influenciar a suscetibilidade dos moluscos à infecção por *F. hepatica*. Em um estudo realizado por Dacal et al. (1988) em Minas Gerais, os autores demonstraram que algumas características das linhagens geográficas de *L. columella* presentes em alguns municípios mineiros como Sete Lagoas, Santa Rita do Sapucaí, Viçosa e Belo Horizonte demonstraram ser mais suscetíveis à infecção experimental por *F. hepatica* do que aqueles encontrados em outras regiões do estado, provavelmente devido à aspectos evolutivos entre o parasito e seus hospedeiros.

Contudo, é importante frisar que para o estabelecimento de programas de controle da fasciolose é imprescindível conhecer as espécies que participam do processo decorrente de transmissão da doença, assim como é de igual valor, determinar como o clima e o ambiente podem influenciar a dispersão geográfica do parasito e de seus hospedeiros, bem como a dinâmica epidemiológica envolvida na disseminação e no controle de *F. hepatica* (NUERNBERG e SERRA-FREIRE, 1992).

2.5 DISTRIBUIÇÃO DE *F. hepatica* NO MUNDO E NO BRASIL

A ocorrência da fasciolose é um problema entre os produtores de gado (DUTRA et al., 2010), búfalos (PILLE et al., 2001), caprinos e ovinos (AGUIRRE et al., 2005), mais rara em equinos (NUERNBERG e SERRA-FREIRE, 1992) e até mesmo pode ser encontrada em alguns animais da fauna silvestre como capivaras (BELLATO et al., 2009).

Estudos sobre a prevalência da fasciolose demonstram que *F. hepatica* possui uma ampla distribuição geográfica, sendo reportada por diversos autores desde a Europa, África, Ásia, Oceania até as Américas (MAS-COMA et al., 2009).

Nesse sentido, a fasciolose têm sido estudada na Escócia (KENYON et al., 2009), no Reino Unido (FOX et al., 2011), Península Ibérica (ALASAAD et al., 2008), Holanda (WALKER et al., 2011), no Mediterrâneo (KANTZOURA et al., 2011), na

Etiópia (CHANIE e BEGASHAW, 2012), Uganda (HOWELL et al., 2012), Tanzânia (WALKER et al., 2008), no Camboja (TUM et al., 2004), China (CHEN, 1991), na Nova Zelândia (HARRIS e CHARLESTON, 1980), na Austrália (DURR et al., 2005), nos Estados Unidos (MCKOWN e RIDLEY, 1995), México (CRUZ-MENDOZA et al., 2005), Bolívia (MAS-COMA et al., 2001), Peru (CHÁVEZ et al., 2012) e Chile (MORALES et al., 2000).

No Brasil, os primeiros relatos da doença, ocorreram no estado do Rio de Janeiro por volta dos anos 20 (LUTZ, 1921). Desde então, a fasciolose tem sido comumente registrada nas regiões Centro-Oeste (REY, 1958), Nordeste (SANTOS, 1967), Sul e Sudeste. Contudo, outras áreas de ocorrência têm sido assinaladas por diversos autores, mas em especial as regiões Sul e Sudeste, devido aos altos índices de infecção observados nestas regiões (SERRA-FREIRE, 1995; PILE et al., 2001; OLIVEIRA et al. 2007; OLIVEIRA e FILHA, 2009).

Neste contexto, Dutra et al. (2010) em um estudo realizado em matadouros de Santa Catarina, Paraná e Rio Grande do Sul constataram taxas de condenação de fígados de 10,14%, 0,71% e 18,66% respectivamente. Os autores verificaram que as maiores taxas de prevalência situavam-se na região de Campanha do Rio Grande do Sul e região central da costa litorânea de Santa Catarina, que são áreas com altitudes superiores ao nível do mar.

Bellato et al. (2009) analisaram 19 propriedades localizadas no município de Timbó em Santa Catarina e encontraram um percentual de 18,12% de prevalência para fasciolose bovina. No mesmo estudo, ovos de *F. hepatica* também foram encontrados em amostras fecais de capivaras coletadas em locais próximos à coleta do material bovino. Os dados encontrados sugeriram a possível existência de uma relação na transmissão do parasito entre bovinos e as capivaras.

Ainda na região Sul do Brasil, Ueno et al. (1982) realizaram um levantamento de dados junto ao Sistema de Inspeção Estadual dos animais que eram abatidos em diversos matadouros no Rio Grande do Sul e observaram que as taxas das condenações anuais de fígados era de 12% para bovinos e 7% em ovinos. Estes animais tinham sua origem em locais de várzea próximos a fronteira com o Uruguai.

Araújo et al. (1995) observaram a ocorrência de *Fasciola hepatica* em bovinos provenientes do estado do Rio Grande do Sul abatidos em um matadouro localizado em Goiânia, GO. A presença do parasito em bovinos de origem alóctone, na região Centro-Oeste onde a pecuária se constitui uma das principais atividades

econômicas, merece especial atenção, pois uma vez verificada a presença de hospedeiros intermediários a doença pode ser introduzida facilmente e propagar-se pelo rebanho local.

Gomes et al. (2002) encontraram um percentual de infecção de 15,38% em bovinos abatidos em 2 matadouros localizados no município de Campos dos Goytacazes, RJ, e uma taxa de infecção de 5,22% por formas pedogenéticas de *F. hepatica* em *L. columella* em uma propriedade dentre nove caracterizadas pelos matadouros como possíveis focos da doença.

Seis anos mais tarde, Gomes et al. (2008) utilizando ovinos como sentinelas para detecção de formas infectantes de *F. hepatica* em pastagens no mesmo município fluminense, constataram a presença de ovos do parasito em amostras fecais de 2 ovinos provenientes de duas das quatro propriedades em que estes animais foram inseridos.

Faria et al. (2005) encontraram um percentual de 10,59% de prevalência em 1058 bovinos no município de Itajubá, Minas Gerais. Os autores atribuíram a taxa observada às condições ecológicas e topográficas encontradas na região, a presença de hospedeiros intermediários e ainda ao livre comércio de animais entre os pecuaristas.

2.6 DISTRIBUIÇÃO DA FASCILOSE NO ESPÍRITO SANTO

Dados relacionados aos impactos econômicos ocasionados pela fasciolose no Espírito Santo ainda são insuficientes, mas sabe-se que desde o primeiro relato oficial da doença registrado em 2005 pelo Instituto de Defesa Agropecuária e Florestal do Espírito Santo (IDAF), os pecuaristas vêm acumulando inúmeras perdas devido a condenação de fígados em matadouros, diminuição do peso de carcaças, retardo no desenvolvimento e queda na produção leiteira (BAPTISTA, 2008).

Carneiro et al. (2010) relataram pela primeira vez no estado a presença de *F. hepatica* em búfalos em uma propriedade no município de Jerônimo Monteiro, região Sul do Espírito Santo. De um total de 15 amostras, 46,67% apresentaram-se positivas para ovos da *F. hepatica*. Foi registrada ainda a presença do molusco do gênero *Lymnaea* no entorno da propriedade, além de bovinos e ovinos infectados.

Alves et al. (2011) uma vez estudando 10 municípios também localizados na região Sul do estado, constataram que de 717 amostras de fezes coletadas, em

diferentes propriedades, 153 foram consideradas positivas para *F. hepatica* resultando em uma frequência observada de 21,33% para fasciolose naquelas localidades.

Em um estudo realizado por Bernardo et al. (2011) com dados provenientes de um matadouro no município de Atilio Vivácqua, 27.625 fígados foram condenados devido a fasciolose, o que representou uma prevalência de 24,89% entre os anos de 2006 a 2009.

Sabendo da ocorrência da fasciolose no Sul do Espírito Santo, Martins et al. (2012) utilizaram atributos considerados importantes na epidemiologia da fasciolose como declividade, uso da terra, tipo do solo, temperatura, altitude e precipitação, e assim, por meio do Sistema de Informações Geográficas (SIG), geraram mapas de risco para doença na região. Neste estudo, os autores observaram que mais de 50% das áreas localizadas no Sul do estado apresentaram um risco elevado ou muito elevado para fasciolose.

Neste contexto, Freitas et al. (2012) realizaram um estudo em uma área com a presença de moluscos do gênero *Lymnaea* localizada no município de Alegre, e utilizando como variáveis corpos de água, declividade, áreas de várzea e pastagem, geraram mapas de vulnerabilidade para a ocorrência da doença e atribuíram todos os locais amostrados em áreas de maior vulnerabilidade de risco, com percentuais que variaram de 25 a 31%.

2.7 USO DOS SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS NA EPIDEMIOLOGIA DA FASCILOSE

O geoprocessamento é o conjunto de técnicas de coleta, tratamento e exibição de informações referenciadas geograficamente, que funciona como uma ferramenta de visualização de eventos em mapas. Dentre as ferramentas utilizadas no campo do georreferenciamento destacam-se o sensoriamento remoto, a digitalização dos dados, a automação de tarefas cartográficas, o Sistema de Posicionamento Global (GPS) e os Sistemas de Informações Geográficas (SIG) (SANTOS et al., 2010).

Em sua forma mais restrita, um SIG nada mais é do que a capacidade de manipular dados espaciais sobre diferentes formas e extrair destes um significado

adicional para compor um resultado. Este engloba os vários métodos e procedimentos, desenvolvidos em geografia, estatística, e outras disciplinas, para analisar e relacionar as informações espaciais nele contidas (CLARKE et al., 1996).

Atualmente dados sobre o clima e o meio ambiente têm sido amplamente utilizados em estudos com SIG sobre a distribuição e a frequência de determinadas doenças em áreas tropicais. Uma questão importante no uso destas análises em SIG para avaliar a distribuição de vetores, é saber como estes indivíduos poderão se comportar diante possíveis mudanças no ambiente (CROMLEY, 2003).

Nas últimas décadas, uma série de estudos utilizando o SIG demonstraram a real importância deste recurso na geração do conhecimento sobre a epidemiologia de diversas doenças (FUENTES, 2004).

Nesse sentido, a abordagem epidemiológica com a utilização do SIG permite desenvolver modelos espaciais e temporais para mapear inúmeras doenças nas áreas escolhidas para estudo e ainda permite classificar a transmissão da doença em áreas de baixo risco, risco moderado e alto risco para que a implementação de atividades de controle possam ser identificadas (FUENTES et al., 2005).

Em medicina veterinária, o uso e a aplicação do SIG em pesquisas epidemiológicas têm oferecido grandes possibilidades, disponibilizando aos pesquisadores novas estratégias para o manejo e aplicação de métodos de sanidade por meio de sua informação espacial, pois a manipulação e a análise dos dados em sua forma gráfica são de fácil visualização e compreensão, o que torna o SIG uma poderosa ferramenta para conexão entre saúde animal e seu ambiente (SANSON et al. 1991).

Em relação ao uso do SIG em estudos sobre a epidemiologia da fasciolose, diversos trabalhos têm sido elaborados em todo mundo. Dentre estes, destacam-se trabalhos de Zukowsk et al. (1993) que utilizaram o SIG para estimativas do risco para fasciolose no estado da Louisiana, EUA.

Alguns trabalhos como o de Fuentes (2004) pelo qual o autor descreveu o desenvolvimento de um estudo epidemiológico para a fasciolose humana e animal utilizando o SIG como ferramenta na região dos Andes.

Outros estudos de Fuentes et al. (2005), no qual os autores utilizaram modelos para avaliar os riscos da fasciolose e seu caráter zoonótico na região Sul Americana dos Andes. Sobre este contexto, utilizando dados climáticos, Fuentes (2006) também incorporou esses modelos à dados de sensoriamento remoto, bem

como relatórios epidemiológicos e tentou assim buscar a compreensão sobre a transmissão da fasciolose na região dos Andes.

Yilma e Malone (1998) utilizando características climáticas e ambientais favoráveis ao desenvolvimento dos hospedeiros intermediários validaram um modelo de previsão de risco para fasciolose na Etiópia e constataram que todas as áreas do País estavam sujeitas ao risco, exceto nas regiões mais áridas.

Tum et al. (2004) criaram mapas de risco para fasciolose em bovinos e búfalos no Camboja e utilizaram como determinantes o risco de inundação, o uso da terra, a declividade e a altitude. Para este estudo, o modelo estimou que 25% das áreas do País estavam dentro da classe de alto risco para doença.

No Brasil, Dutra et al. (2010) determinaram a prevalência de *F. hepatica* em fígados de bovinos abatidos em matadouros nos estados de Santa Catarina, Paraná e Rio Grande do Sul e correlacionaram esses dados de origem dos animais à temperatura e altitude das regiões estudadas. Eles observaram uma prevalência mais elevada nestes estados somente no ano de 2006, e sugeriram uma variação anual significativa entre o efeito climático e a taxa de prevalência da fasciolose neste ano devido a um aumento nas médias de precipitação, uma vez que para o ano estudado a temperatura não se revelou significativa.

2.8 AS MUDANÇAS CLIMÁTICAS E SEUS EFEITOS SOBRE AS PARASIToses EM RUMINANTES

As mudanças climáticas podem ser entendidas como qualquer mudança no clima ao longo dos anos, devido à variabilidade natural ou como resultado da atividade humana. Assim, o *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) evidenciou que a temperatura do Planeta está em ascensão, sendo que as projeções até o final deste século apontam para aumentos de 1,8°C. Na pior das previsões, estes acréscimos poderão chegar a 6,4°C na temperatura média em várias partes do mundo (IPCC, 2007).

No entanto, o uso de cenários para explorar os efeitos do clima sobre o futuro das populações ainda caminha em um estágio inicial de desenvolvimento. Cenários publicados para descrever possíveis efeitos que as mudanças climáticas exercerão sobre a Terra têm sido criados para elucidar uma variedade de situações, inclusive aqueles relacionados a vetores e patógenos (BARRET et al., 1998).

Embora a sazonalidade da fasciolose esteja intimamente ligada aos efeitos da temperatura e da umidade, algumas alterações nesses fatores podem afetar diretamente o ciclo de vida tanto dos hospedeiros intermediários, quanto do parasito, pois qualquer mudança nos padrões de distribuição das chuvas, por exemplo, podem criar áreas de alagadiços, favorecendo assim o desenvolvimento e a sobrevivência de ambos (ROJO-VÁZQUEZ et al., 2012).

Nesse sentido, uma série de experimentos baseados em modelos de predição para o risco de determinadas doenças têm sido aperfeiçoados e validados em todo mundo. Em se tratando de doenças ocasionadas por helmintos Ollerenshaw e Rowlands em 1959, desenvolveram pela primeira vez um modelo para prever o risco da fasciolose bovina baseados em dados climatológicos, uma vez que o clima está diretamente ligado ao desenvolvimento do parasito e seu hospedeiro (HOPE-CAWDERY, 1981).

Desde então, alguns autores como Van Dijk et al. (2010) e também Fox et al. (2012) estudaram os efeitos que as mudanças climáticas poderiam exercer sobre diversas helmintoses de ruminantes.

Kenyon et al. (2009) em sua revisão sobre como as mudanças climáticas afetariam a epidemiologia de *Haemonchus contortus*, *Nematodirus battus*, *Teladorsagia circumcincta* e *Fasciola hepatica* em ovinos na Escócia chegaram a conclusão que aumentos na temperatura poderiam influenciar negativamente a produção de ovinos naquela região.

Mas-Coma et al. (2009) estudaram os impactos que as mudanças climáticas poderiam ocasionar sobre as formas larvais de trematódeos e seus hospedeiros intermediários e concluíram que os trematódeos em geral são grupos que tenderão a sofrer profundamente os efeitos das mudanças no clima devido a suas características evolutivas.

Fox et al. (2011) validaram um modelo de previsão para o risco da fasciolose no Reino Unido e observaram que os mapas de risco demonstraram altos níveis de risco para a doença com sérias epidemias no País até o ano de 2050.

CAPÍTULO 1

Zoneamento Bioclimatológico e Mapas de Prevalência para *Fasciola hepatica* no Estado do Espírito Santo, Brasil.

3 Cap. 1 - ZONEAMENTO BIOCLIMATOLÓGICO E MAPAS DE PREVALÊNCIA PARA *Fasciola hepatica* NO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO, BRASIL.

3.1 RESUMO

A fasciolose é uma enfermidade que acomete diferentes espécies de ruminantes ocasionando grandes perdas econômicas à pecuária mundial. Nesse sentido, o presente estudo procurou determinar a prevalência da fasciolose bovina no Espírito Santo por meio dos mapas de abate fornecidos por matadouros (SIF/SIE/MAPA) distribuídos por todo o estado e pelas origens do gado abatido em um matadouro localizado no município de Anchieta. A partir das análises dos dados epidemiológicos, foi realizado o mapeamento cartográfico utilizando o programa *ArcGIS/ArcINFO 10.1* elaborando, portanto, um mapa de zoneamento bioclimatológico atual e mapas que refletem a prevalência da fasciolose no estado, por municípios no período de 2009 a 2011. Ficou evidente no mapa de zoneamento que 52,24% do total de áreas do estado situavam-se em locais considerados favoráveis ao desenvolvimento e sobrevivência de *F. hepatica* e de seus hospedeiros intermediários. Para os dados fornecidos pelos matadouros, observou-se que as maiores taxas de prevalência nos municípios de Atilio Vivacqua, Cachoeiro de Itapemirim e Anchieta, com taxas de 28,41%, 25,50% e 24,95% respectivamente. Alguns municípios na região Norte do estado como Montanha e Linhares, mesmo localizados em áreas favoráveis para a manutenção da doença (94,81% e 90,71%) apresentaram taxas de apenas 0,99% e 1,94% de prevalência evidenciando que somente os fatores climáticos e ambientais não podem ser considerados preponderantes para a ocorrência da fasciolose. Para o matadouro localizado em Anchieta, as maiores prevalências ocorreram em Jerônimo Monteiro, Alegre e Cachoeiro de Itapemirim, com médias de 1,21%, 1,07% e 2,09%. Embora os dados apresentem uma inferência das prevalências sobre o zoneamento da fasciolose, os municípios que registraram a presença da doença nem sempre representam a realidade, pois os dados fornecidos pelos matadouros muitas vezes não refletem a verdadeira origem dos animais.

Palavras-chave: Mapas, SIG, zoneamento epidemiológico, *Fasciola hepatica*.

3.2 ABSTRACT

The fasciolosis is a disease that affects different species of ruminants causing great economic losses livestock worldwide. In that sense, the present study sought to establish the prevalence of bovine fasciolosis in the Espírito Santo through the maps supplied by abattoirs slaughtering (SIF/SIE/MAPA) distributed throughout the state and the origins of livestock slaughtering in a slaughterhouse located in the municipality of Anchieta. From the analyzes of epidemiological data, was held the cartographic mapping utilizing the program *ArcGIS/ArcInfo 10.1* constructing, therefore, a zoning map bioclimatological current and maps that reflect the prevalence of fasciolosis in the state for municipalities in the period from 2009 to 2011. Became apparent in the zoning map that 52.24% of the total areas of the state were located in places considered favorable to the development and survival of *F. hepatica* and their intermediate hosts. For the data supplied by slaughterhouses, observed that the highest prevalence rates in the municipalities of Atilio Vivacqua, Cachoeiro de Itapemirim and Anchieta, with rates of 28.41%, 25.50% and 24.95% respectively. Some municipalities in the North region of the state as Montanha and Linhares even located in areas favorable to the maintenance of the disease (94.81% and 90.71%) had rates of just 0.99% and 1.94% prevalence showing that only the climate and environmental factors can't be considered. For the slaughterhouse located in Anchieta, the highest prevalence occurred in Jerônimo Monteiro, Alegre and Cachoeiro de Itapemirim with mean values of 1.21%, 1.07% and 2.09%. Although the data presenting an inference about the prevalence of fasciolosis zoning, municipalities that recorded the presence of the disease do not always represent reality, because the data supplied by slaughterhouses often do not reflect the true origin of the animals.

Keywords: Maps, GIS, zoning epidemiological, *Fasciola hepatica*.

3.3 INTRODUÇÃO

A fasciolose é uma importante parasitose que acomete principalmente bovinos, bubalinos, asininos, ovinos e eventualmente os seres humanos (FUENTES, 2006; DUTRA et al., 2010). Originário da Europa, o trematoda *Fasciola hepatica* obteve sucesso ao ampliar suas fronteiras geográficas e se expandir por todos os continentes. Apesar das restrições impostas pela sua biologia e ecologia, o parasito possui uma distribuição cosmopolita que se estende desde as regiões temperadas até os trópicos (MAS-COMA, 2005; MAS-COMA et al., 2009; CHANIE e BEGASHAW, 2012).

Em consequência dos impactos ocasionados pela fasciolose na pecuária mundial, nota-se que as perdas econômicas são consideráveis, uma vez que estas podem ultrapassar valores que chegam a US\$ 2 bilhões por ano. Este prejuízo é refletido diretamente pela queda na produção leiteira e redução do peso das carcaças, retardo no desenvolvimento, comprometimento da fertilidade além da condenação em abatedouros de um grande número de fígados contaminados (DUTRA et al., 2010; KANTZOURA et al., 2011; BENNEMA et al., 2011).

Devido à forte dependência do clima e do ambiente, observa-se que a distribuição e a prevalência da doença se fazem melhor em locais onde as temperaturas médias possam variar entre 10 a um pouco mais de 25°C (RAPSCH et al., 2008).

Outros fatores como a precipitação, a umidade relativa do ar, as condições do solo e a presença de áreas alagadas, são agentes preponderantes para o desenvolvimento e sobrevivência do parasito *F. hepatica*. É sabido ainda, que estes locais, são fundamentais para a ocorrência de moluscos aquáticos do gênero *Lymnaea*, hospedeiros intermediários para os estádios larvais do trematoda (UETA, 1976; ABÍLIO e WATANABE, 1998; TUM et al., 2004; BENNEMA et al., 2011; FOX et al., 2011).

No Brasil, os primeiros relatos da doença, ocorreram no estado do Rio de Janeiro por volta dos anos 20 (LUTZ, 1921). Desde então, a fasciolose tem sido comumente registrada por todo o País. Contudo, outras áreas de ocorrência têm sido relatadas, mas em especial as regiões Sul e Sudeste, devido aos altos índices de infecção observados nestas regiões (SERRA-FREIRE, 1995; PILE et al., 2001; OLIVEIRA et al., 2007; OLIVEIRA e FILHA, 2009).

Neste contexto, no Espírito Santo, Martins et al. (2012) observaram a existência de possíveis áreas de risco para a fasciolose na região Sul do estado, local onde se concentram os maiores focos da doença. Bernardo et al. (2011) anteriormente já haviam confirmado a presença do parasito *F. hepatica* em um estudo sobre as prevalências observadas em fígados condenados em um abatedouro frigorífico localizado no município de Atílio Vivácqua. Martins et al. (2008) também constataram a presença de ovos do parasito em fezes de animais abatidos neste mesmo estabelecimento quando avaliaram a eficácia da técnica de sedimentação proposta por Foreyt (2005).

Com o advento das novas tecnologias, o uso dos Sistemas de Informações Geográficas (SIG`s) se fazem necessários, pela contribuição no estabelecimento de dados cartográficos por meio de modelos epidemiológicos espaciais e temporais, que são utilizados na classificação dos riscos de transmissão para determinadas doenças (FUENTES, 2005).

Dentre os principais mecanismos criados pelo SIG, destaca-se o zoneamento bioclimatológico de risco, que objetiva quantificar o risco com base no histórico de ocorrência de eventos adversos tendo como base a epidemiologia e o clima local. Sabe-se que o zoneamento é uma técnica vastamente aplicada na identificação de regiões mais favoráveis ao desenvolvimento de culturas diversas (OMETO, 1981; TOLEDO et al., 2009). Dessa forma, o uso desta técnica como ferramenta na epidemiologia veterinária se faz importante, uma vez que a dispersão e o estabelecimento de muitas doenças parasitárias estão intimamente ligados a fatores ambientais e climáticos.

Assim, buscou-se com este estudo, elaborar um zoneamento bioclimatológico para *F. hepatica* no estado do Espírito Santo, por meio do SIG e pela caracterização dos dados de prevalências para a fasciolose bovina provenientes de abatedouros registrados pelo Sistema de Inspeção Federal e Estadual (SIF/SIE) do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA).

3.4 MATERIAL E MÉTODOS

3.4.1 ÁREA DE ESTUDO

O estado do Espírito Santo ocupa uma área de 46.184,1 km², distribuídos em 78 municípios e está localizado geograficamente entre os meridianos 39° 38' e 41° 50' de longitude oeste e entre os paralelos 17° 52' e 21° 19' de latitude sul (Figura 1).

A altitude média é de 600 a 700 metros, com topografia bastante acidentada e terrenos arqueozóicos, onde são comuns os picos isolados, denominados pontões ou pães-de-açúcar que podem chegar até 2.890m de altitude. O rebordo do planalto apresenta-se como zona montanhosa muito recortada pelo trabalho dos rios, que nela abriam profundos vales, criando constantes zonas de inundações nos períodos chuvosos (TOLEDO et al., 2009).

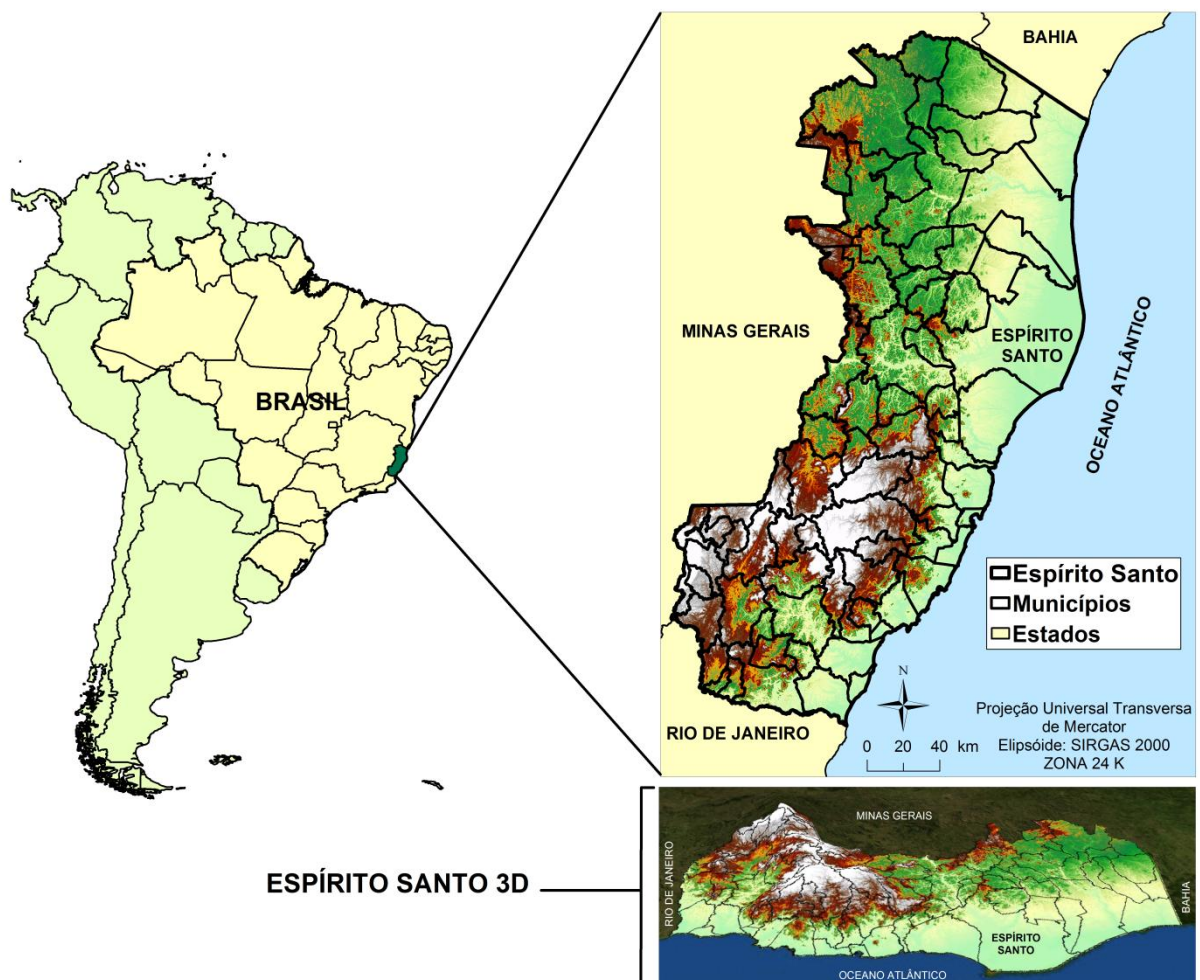


Figura 1- Mapa territorial do estado do Espírito Santo, sua localização e seus pontos mais elevados em 3D.

Sabe-se que no Espírito Santo ocorrem dois tipos principais de climas, o tropical chuvoso e o mesotérmico úmido. O primeiro domina as terras baixas sendo caracterizado por temperaturas elevadas durante todo o ano e médias térmicas superiores a 22 °C.

O clima mesotérmico úmido, sem estação seca, surge na região Serrana do Sul do estado. Caracteriza-se por temperaturas baixas no inverno com médias dos meses mais frios abaixo de 18 °C. Segundo a classificação de Köppen, o clima é Aw-quente e úmido (tropical chuvoso), com chuvas no Verão e seca no Inverno (sub-seca no mês de agosto) (VIANELLO e ALVES, 1991).

3.4.2 LEVANTAMENTO BIOCLIMÁTICO PARA A OCORRÊNCIA DA FASCIULOSE

Para elaboração dos mapas de zoneamento para fasciolose no estado do Espírito Santo, foram utilizados dados de uma série temporal de 30 anos, representativa de 110 estações meteorológicas localizadas no estado e áreas limítrofes (Anexo 1), visando favorecer as interpolações dos dados e a aplicação do balanço hídrico segundo Thornthwaite e Matter (1955) de acordo com os atributos necessários descritos abaixo na Tabela 1.

Tabela 1- Atributos necessários para geração do balanço hídrico bioclimatológico proposto por Thornthwaite e Matter (1955).

Atributo	Unidade	Característica do dado
Município	-	texto
Altitude da estação	m	real
Série temporal	ano	inteiro
Longitude	décimos de graus	real
Latitude	décimos de graus	real
Temperatura média anual	°C	real
Precipitação média anual	mm	real
Evapotranspiração potencial	mm	real
Evapotranspiração real	mm	real
Deficiência hídrica anual	mm	real
Excedente hídrico anual	mm	real

3.4.3 ANÁLISE ESTATÍSTICA E GERAÇÃO DE DADOS CARTOGRÁFICOS

Após a análise dos dados, utilizando o programa *ArcGIS/ArcINFO 10.1*, foi realizada a importação das planilhas referente aos balanços hídricos, que culminou na vetorização espacial pontual das estações meteorológicas e suas respectivas tabelas de atributos. Em seguida, foi aplicada a regressão linear múltipla, utilizando como variáveis independentes a altitude e as coordenadas geográficas longitude (X) e latitude (Y), ambas pelo Sistema Universal Transverso de Mercator (*UTM*) e como variável dependente a temperatura, todas disponibilizadas nas tabelas de atributos oriundas dos balanços hídricos conforme descrito na equação de regressão múltipla abaixo:

$$T = \beta_0 + \beta_1 \text{ALT} + \beta_2 X + \beta_3 Y \quad (\text{eq. 1})$$

Em que,

T: temperatura (°C);

ALT: altitude (m);

X: coordenada *UTM* X (m);

Y: coordenada *UTM* Y (m);

β_0 : constante de regressão;

β_1, β_2 e β_3 : coeficientes de regressão para as variáveis ALT, X e Y.

Assim, por meio da interpolação espacial pelo método da krigagem esférica, foram geradas as imagens matriciais de longitude (X) e latitude (Y) (Anexos 2, 3 e 4). Estes foram importados para o aplicativo *ArcGIS/ArcINFO 10.1* e gerado o Modelo Digital de Elevação (MDE) do projeto *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM), disponibilizado pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) na escala de 1:250.000 na projeção cartográfica WGS 84.

Por meio de um modelo matemático constituído pelo SIG, as quatro variáveis que caracterizam o zoneamento para a fasciolose foram inseridas em uma base de dados de acordo com a sua relevância para a doença. Para tal, foram adotados pesos que variaram de 1 a 3 (MARTINS et al., 2012), distribuídos em áreas com altas, intermediárias e baixas favorabilidade para a fasciolose no Espírito Santo.

Sobre as imagens matriciais de altitude, temperatura, precipitação pluviométrica e declividade, aplicou-se a “reclassificação espacial” com o objetivo de

representar as regiões aptas, restritas e inviáveis para a fasciolose, conforme demonstrado na Tabela 2.

Estes valores foram baseados em trabalhos que assumiram temperaturas inviáveis aquelas abaixo de 10°C, restritas entre 10°C à 15°C e maiores que 25°C e consideradas ótimas nas faixas entre 10°C à 26°C (MITCHELL, 2004; RAPSCH et al., 2008) além de altitudes como favoráveis aquelas situadas entre 0 à 500m de elevação ao nível do mar, assim como valores de declividade de até 10% (TUM et al., 2004; MARTINS et al., 2012). Sabe-se que as altitudes favoráveis poderão ser superiores à 1000m, conforme relatos de casos de fasciolose encontrados na região dos Andes (MAS-COMA et al., 2001), mas para este estudo optou-se por aquela faixa que melhor representasse a condição local.

Tabela 2- Variáveis adotadas para geração do zoneamento com suas respectivas áreas aptas, restritas e inviáveis para ocorrência da fasciolose no estado do Espírito Santo.

Variáveis	Peso relativo		
	1	2	3
Altitude	0-500m	500-1000m	>1000m
Temperatura	15-25°C	10-15°C e >25°C	<10°C
Declividade	Até 10%	10 a 15%	Acima de 15%
Pluviosidade	1000-2500mm/ano	<1000mm/ano	>2500mm/ano

*Região apta (1), restritiva (2) e inviável (3) possibilidade para a ocorrência da fasciolose.

Em seguida, foi aplicado a função “cruzamento tabular” com o objetivo de realizar o zoneamento bioclimatológico representativo para a ocorrência da fasciolose. Assim, as imagens matriciais representativas do zoneamento bioclimatológico foram convertidas para o formato vetorial poligonal. Devido ao elevado número polígonos aplicou-se a função “dissolução poligonal” obtendo-se uma nova imagem vetorial.

Nos atributos oriundos da imagem vetorial poligonal contida no ambiente SIG, foram calculadas as respectivas áreas (km²) e perímetros (km²) para as referidas classes de aptidão pela função “cálculo geométrico”.

3.4.4 ZONEAMENTO BIOCLIMATOLÓGICO PARA OS 78 MUNICÍPIOS

Para individualização do zoneamento bioclimatológico para cada um dos 78 municípios do estado, foi aplicada a função “interseção” sobre as imagens vetoriais poligonais dos municípios e do zoneamento que totalizou duas novas imagens vetoriais poligonais representativas do zoneamento bioclimatológico para cada município.

3.4.5 OBTENÇÃO DOS DADOS DE INFECÇÃO POR *Fasciola hepatica*

Os dados de fígados condenados de bovinos abatidos em todo o estado do Espírito Santo foram disponibilizados por meio dos respectivos mapas de abate referente as taxas de infecção por *F. hepatica* em 11 estabelecimentos registrados pelo Serviço de Inspeção Federal e Estadual do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (SIF/SIE/MAPA) no período de 2009 à 2011. Para este cenário levou-se em consideração apenas a localização do matadouro. Concomitantemente, apenas o matadouro localizado no município de Anchieta, Sul do Espírito Santo, disponibilizou também os dados referentes a origem dos animais abatidos. A correlação existente entre as áreas de aptidão com as respectivas médias de prevalências para a fasciolose no Espírito Santo foi calculada por meio do coeficiente de Correlação de Pearson com nível de significância de 95%.

3.4.6 GERAÇÃO DOS MAPAS FINAIS DE PREVALÊNCIA

Com o objetivo de gerar os mapas de prevalência para a fasciolose bovina no estado de Espírito Santo, foram utilizados os dados disponibilizados pelos estabelecimentos (SIF/SIE/MAPA) além das possíveis origens dos animais fornecidos pelo matadouro localizado no município de Anchieta. Para elaboração dos mapas cartográficos, foi utilizada a técnica de “krigagem ordinária esférica”, que segundo Landim (2003), o método procurou minimizar a variância estimada a partir de um modelo prévio de regressão que considerou a dependência estocástica entre os dados distribuídos no espaço.

Todos os procedimentos realizados na metodologia estão representados no fluxograma abaixo (Figura 2).

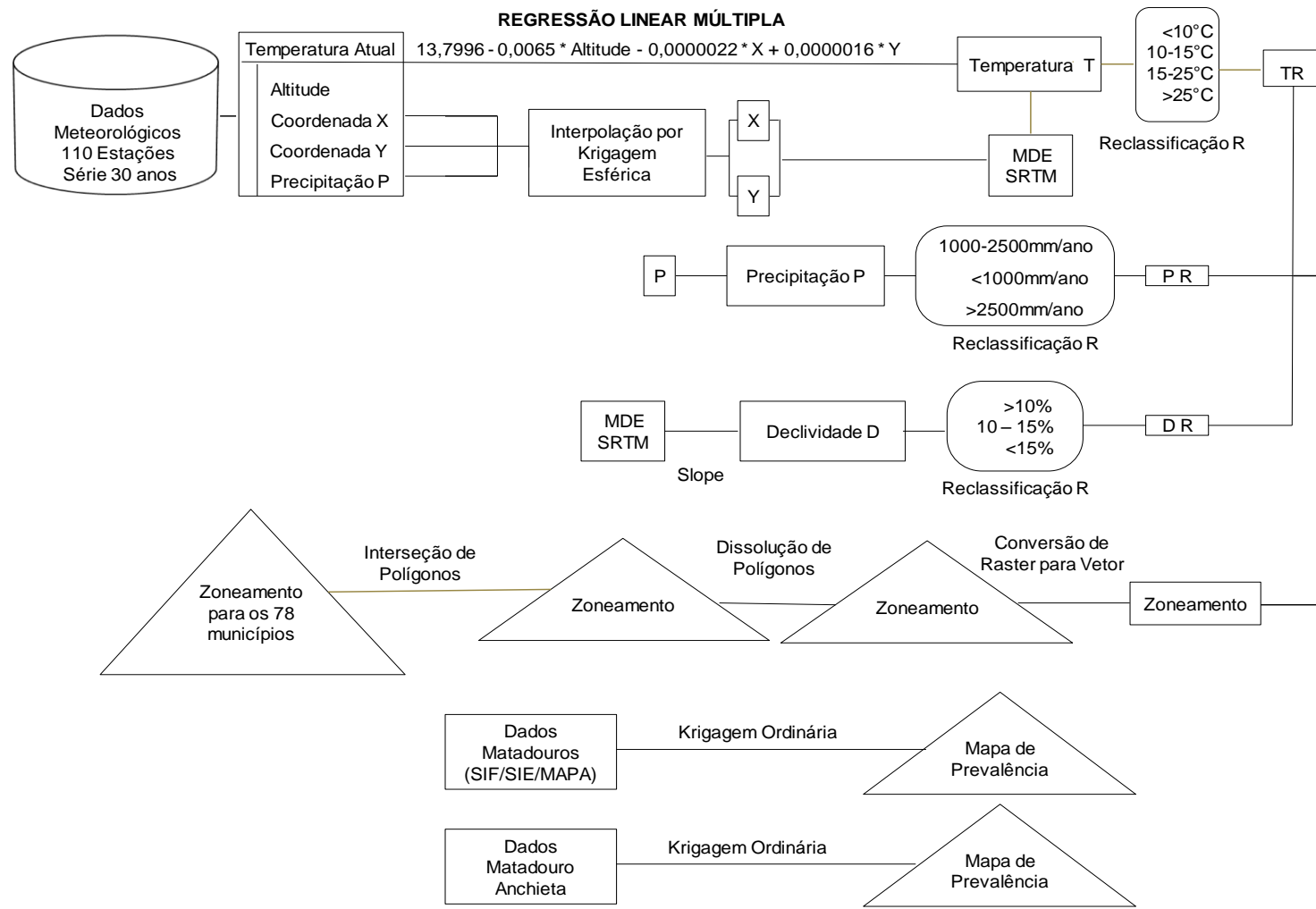


Figura 2- Fluxograma demonstrativo sobre as etapas realizadas para a geração do zoneamento e dos mapas de prevalências.

3.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.5.1 PREVALÊNCIA DA FASCIULOSE SIF/SIE/MAPA

O zoneamento bioclimatológico para a fasciolose no Espírito Santo baseado nas variáveis de temperatura, precipitação, altitude e declividade apresentado na Figura 3, demonstrou que 52,24% das áreas do estado encontram-se nas zonas aptas ao desenvolvimento do trematoda *F. hepatica* e de seus hospedeiros intermediários (Tabela 3).

Tabela 3- Classes de aptidão e suas respectivas áreas e perímetro para a fasciolose bovina no estado do Espírito Santo.

Classes de aptidão	Área (km ²)	Perímetro (km ²)	Áreas (%)
Aptas	24.018,53	156.697,43	52,24
Restritas	4,23	115,42	0,01
Inviáveis	21.951,57	155.663,31	47,75
Total	45.974,33	312.476,16	100,00

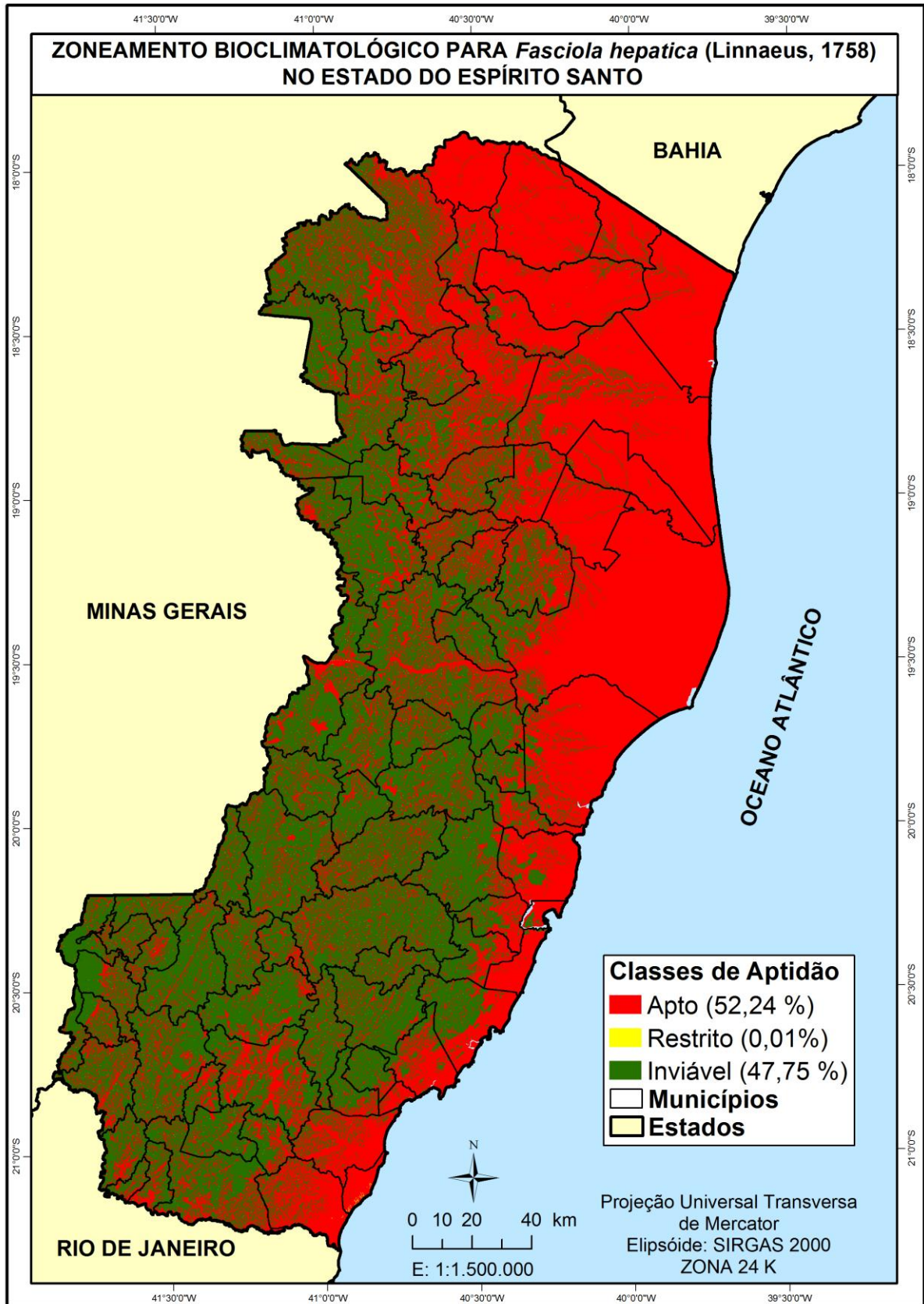


Figura 3- Zoneamento bioclimatológico para *F. hepatica* no estado do Espírito Santo com suas respectivas classes de aptidão.

Nestas áreas, as temperaturas médias e a precipitação anual situam-se dentro daquelas consideradas ótimas para sobrevivência e manutenção do parasito, uma vez que estas variações permeiam entre 25°C ou mais e médias entre 1000 à 2500mm/ano respectivamente (Anexo 1) (TUM et al., 2004; FUENTES et al., 2006; RAPSCH et al., 2008; BENNEMA et al., 2011; MARTINS et al., 2012).

Assim, os resultados indicaram por meio da combinação dos mapas gerados pelo zoneamento e pelas prevalências observadas nos 11 matadouros distribuídos no estado fiscalizados pelo SIF/SIE/MAPA, que aqueles localizados nos municípios de Atilio Vivácqua, Cachoeiro de Itapemirim e Anchieta, apresentaram as maiores taxas de condenação de fígados, com prevalências de 28,41%, 25,50% e 24,95% respectivamente (Tabela 4).

Apesar de Cachoeiro de Itapemirim apresentar este percentual, o matadouro iniciou suas atividades somente em 2011. Estes achados estão de acordo com estudos realizados por Bernardo et al. (2011) que relataram 24,89% de prevalência para a fasciolose em um matadouro localizado na região Sul do Espírito Santo e propuseram uma tendência de crescimento nas taxas de infecção para a doença na região estudada. Resultados similares também foram encontrados por Dutra et al. (2010) no sul do Brasil, em que mencionaram uma taxa de 29,51% de condenação de fígados para os estados da região.

Tabela 4- Classes de aptidão e médias de prevalências para fasciolose bovina entre os anos de 2009 à 2011 de acordo com suas distribuições por município do estado do Espírito Santo segundo mapas de abate fornecidos pelo IDAF.

Municípios	Área (km ²)	Classes de Aptidão (%)		Médias das Prevalências (%)			
		Apto	Inviável	2009	2010	2011	3 anos
Anchieta	405,32	65,06	34,94	27,64	25,94	21,27	24,95
Aracruz	1435,81	89,07	10,93	0,04	0,00	0,00	0,01
Atilio Vivácqua	226,86	33,42	66,58	28,25	28,04	28,93	28,41
Cachoeiro de Itapemirim	877,31	39,56	60,44	-	-	25,50*	25,50
Cariacica	275,74	52,55	47,45	0,68	0,00	0,00	0,23
Colatina	1426,02	33,98	66,02	0,03	0,02	0,04	0,03
Linhares	3500,19	90,71	9,29	0,00	0,00	5,83	1,94
Montanha	1096,65	94,81	5,19	1,80	0,89	0,30	0,99
Muniz Freire	679,78	16,41	83,59	4,63	7,07	10,55	7,42
São Domingos do Norte	299,80	45,27	54,73	0,04	0,00	0,05	0,03
São Gabriel da Palha	434,83	47,23	52,77	0,26	0,42	0,17	0,28

*Matadouro de Cachoeiro de Itapemirim somente iniciou suas atividades em 2011.

Em relação aos dados apresentados na Figura 4, observa-se que no mapa gerado pelo zoneamento, as áreas de maior prevalência para a doença encontram-se justamente sob a região Sul do estado, com taxas médias que variaram de 1,21% a 28,41%. Assim, a correlação entre as áreas aptas e as prevalências para fasciolose foi de -0,31. Este resultado reforça a hipótese recorrente ao transporte de animais de uma região para outra, do comércio destes entre os produtores e da ausência dos hospedeiros intermediários em locais onde a aptidão eleva-se e as taxas de prevalência mantêm-se baixas.

Para algumas regiões onde as áreas aptas foram consideravelmente baixas, mas analogamente, as prevalências encontradas foram maiores, é de igual valor ressaltar, que nestas regiões já havia sido constatada por estudos anteriores a presença do molusco do gênero *Lymnaea*, considerado um fator preponderante para a ocorrência da doença (MARTINS et al., 2012).

Ao observar o extremo Norte, nota-se que o município de Montanha indicou uma prevalência de apenas 0,99%. Embora este município esteja dentro da faixa de aptidão para a doença de 94,81%, Montanha não registrou valores superiores ao encontrado durante os 3 anos estudados (Tabela 4).

A falta de informações de dados de coleta junto ao laboratório de malacologia da Universidade Federal do Espírito Santo sobre a presença de hospedeiros intermediários no Norte do Espírito Santo pode ser um indicativo de que os caramujos do gênero *Lymnaea* ainda não conseguiram colonizar ou estabelecer-se com sucesso naquele local. Neste caso, a existência de casos positivos para *F. hepatica*, podem ser explicados pela facilidade do transporte de animais entre os municípios e estados vizinhos como Minas Gerais e Bahia, uma vez que estes integram as divisas territoriais naquela região, sem mencionar ainda, a existência do livre comércio e da troca de animais entre os pecuaristas, o que acarreta um aumento no número de casos positivos em uma determinada localidade, mesmo quando não constatada a presença dos hospedeiros intermediários (FARIA et al., 2005).

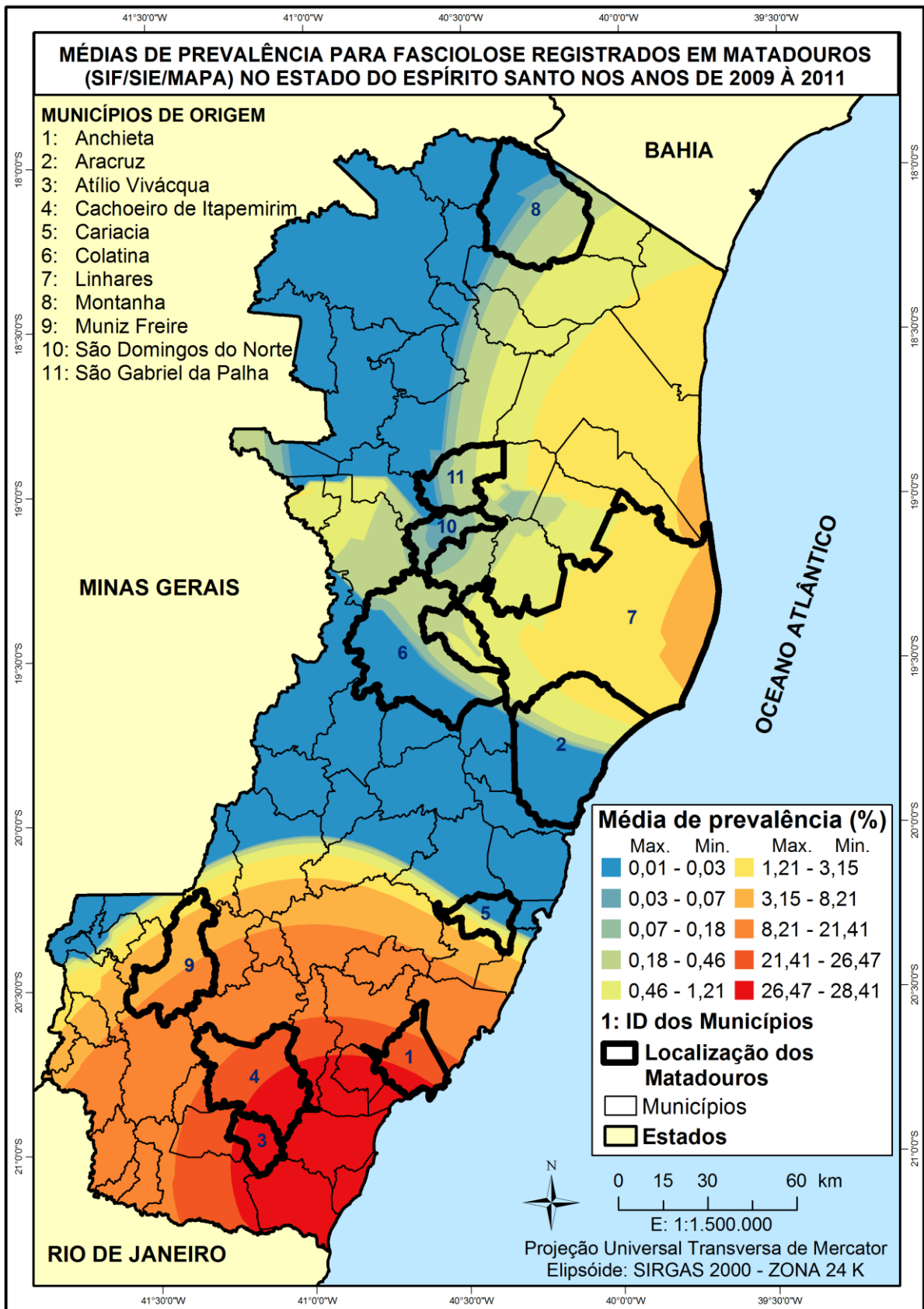


Figura 4- Mapa com as médias de prevalências de fasciolose bovina no estado do Espírito Santo nos anos de 2009 à 2011.

Sabe-se que os fatores que influenciam a ocorrência da fasciolose em uma determinada região estão ligados à disponibilidade de biótopos adequados para o desenvolvimento dos caramujos. Nesse sentido, a proporção da infecção registrada, em Montanha, poderia ser atribuída ao trânsito de animais provenientes de outras regiões que habitualmente possuem casos positivos da doença (KITHUKA et al., 2002; ABUNNA et al., 2010).

Em relação a região Central, Nordeste e Noroeste do estado, nota-se que Linhares apresentou uma taxa de 1,94% de infecção, o que influenciou fortemente a faixa do zoneamento, uma vez que a interpolação pode ter ocasionado uma tendência de aumento das áreas suscetíveis em direção à leste, visto que as taxas de prevalências dos matadouros localizados nos municípios vizinhos foram consideravelmente mais baixas com valores que variaram de 0,01% a 0,28%. Este resultado é sustentado por Namikawa (1994), uma vez que os interpoladores locais conduzem a uma completa alteração de um valor local, visto que os pontos mais próximos daquela faixa de domínio são interpolados gerando assim uma estimativa dos valores amostrados a partir de um número conhecido.

3.5.2 PREVALÊNCIA DA FASCILOSE EM UM MATADOURO NO MUNICÍPIO DE ANCHIETA, SUL DO ESPÍRITO SANTO

Entre 2009 e 2011, 43.040 bovinos foram abatidos em um matadouro localizado no município de Anchieta, e destes, 3.607 fígados foram condenados devido a infecção ocasionada por *F. hepatica*, representando assim, uma prevalência média de 8,38%.

A distribuição geoespacial destas médias registradas no matadouro novamente, conforme mencionado no cenário anterior, indicaram uma alta prevalência para a fasciolose nos municípios situados na região Sul do estado, com valores que variaram de 0,01% a 2,09% (Figura 5), sendo que os municípios que mais se destacaram foram Jerônimo Monteiro, Alegre e Cachoeiro de Itapemirim, com médias de infecção de 1,21%, 1,07% e 2,09% respectivamente (Tabela 5).

Martins et al. (2012) descreveram estes municípios como propensos para o desenvolvimento da doença, uma vez que estes estão inseridos nas áreas de alto risco com valores percentuais de favorabilidade superiores a 50% de suas extensões territoriais.

Em relação à distribuição dos municípios segundo a origem dos animais positivos, a correlação obtida entre as áreas aptas e as prevalências encontradas foi 0,09, considerada uma correlação fraca. Observou-se ainda, que as menores taxas de infecção (0,01% a 0,13%) foram encontradas na região Metropolitana, devido a urbanização dos grandes centros o que demandaria novas áreas para criação de animais, na Serra do Caparaó e em apenas um município localizado na região Serrana (Figura 5). Essas duas últimas regiões chamam atenção pelas altitudes e pelas suas classes de aptidão, uma vez que todos os municípios que as compõem estão incluídos nas áreas que possuem os maiores percentuais de inviabilidade para o desenvolvimento da fasciolose (Tabela 5).

Mas-Coma et al. (2001) confirmaram a presença do parasito *F. hepatica* e de caramujos do gênero *Lymnaea* nos Altiplanos Bolivianos, com altitudes superiores a 3.800m. Sabe-se que a transmissão do parasito é facilitada em regiões de baixas altitudes, pois em um ambiente com altitudes elevadas o oxigênio, a densidade do ar, a temperatura e a umidade são mais baixas e estes são agravados pelo aumento da radiação solar incidente de modo que nestes locais os animais podem demonstrar características morfológicas e fisiológicas diferentes daqueles que habitam regiões de baixas altitudes (VALERO et al., 2012).

Porém, segundo Mas-Coma et al. (2001), estes efeitos podem ser amenizados pelo aumento da incidência solar nestes locais, devido a proximidade com o equador das regiões tropicais, além da ausência de vegetação densa, da porosidade do solo e outros fatores, o que poderia favorecer diretamente a elevação das temperaturas e da precipitação, o que ainda combinado com camadas freáticas rasas no solo, levariam conseqüentemente ao acúmulo permanente de água naqueles locais.

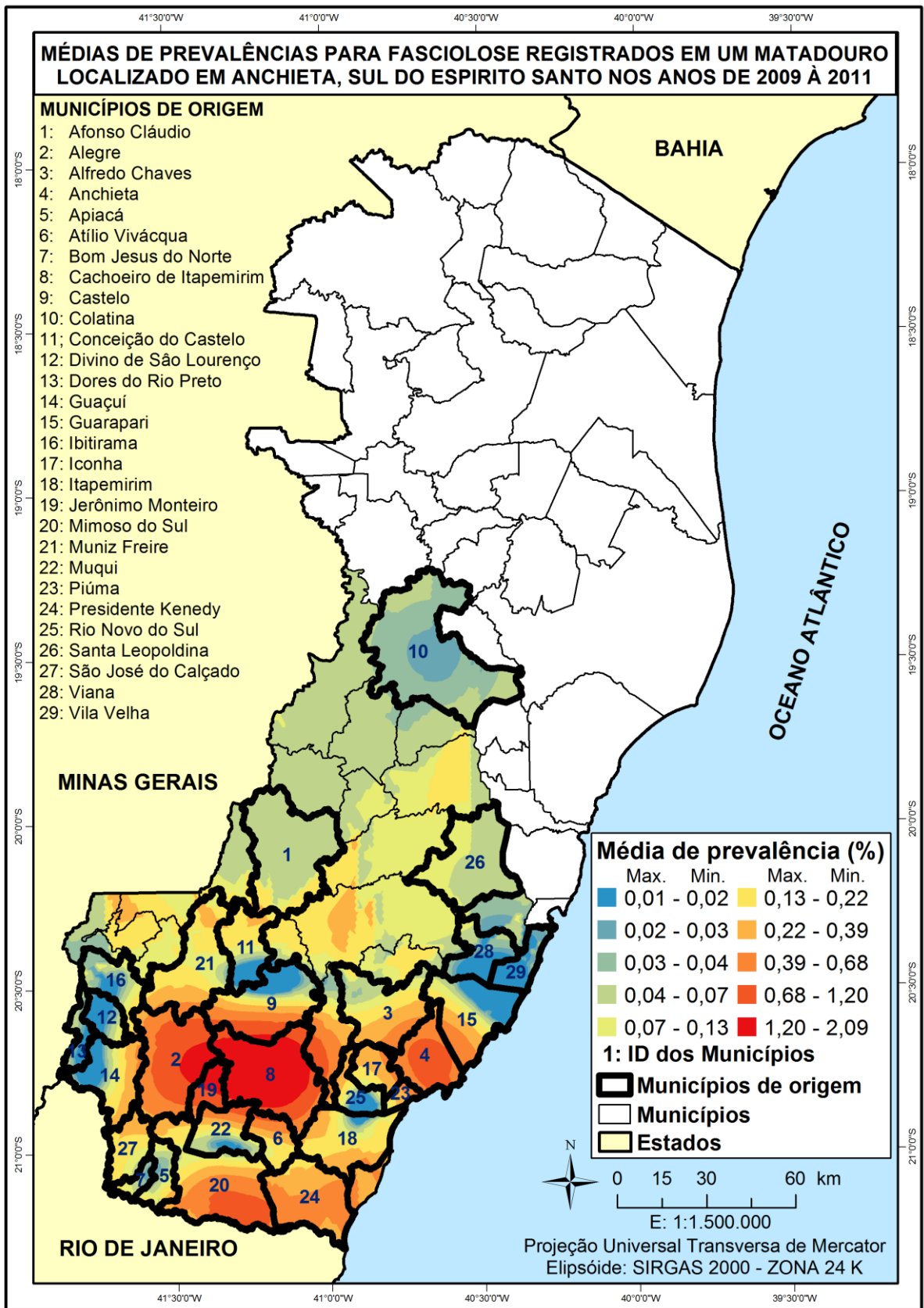


Figura 5- Mapa com as médias de prevalências de fasciolose bovina e suas origens no estado do Espírito Santo nos anos de 2009 à 2011 segundo dados fornecidos por um matadouro localizado em Anchieta.

Tabela 5- Classes de aptidão e médias de prevalências para fasciolose bovina entre os anos de 2009 à 2011 de acordo com suas origens por município do estado do Espírito Santo. Dados do matadouro localizado em Anchieta, Sul do estado.

Municípios	Área	Classes de Aptidão			Médias de Prevalências			
	(km ²)	(%)			(%)			
	Área	Apto	Inviável	Restrito	2009	2010	2011	3 anos
Afonso Cláudio	955,26	19,24	80,76	0,00	0,14	0,0	0,01	0,05
Alegre	773,40	23,71	76,29	0,00	1,06	1,47	0,68	1,07
Alfredo Chaves	616,57	17,99	82,01	0,00	0,0	0,32	0,12	0,15
Anchieta	405,32	65,06	34,94	0,00	0,29	1,35	0,74	0,79
Apiacá	193,67	37,39	62,61	0,00	0,03	0,09	0,0	0,04
Atílio Vivácqua	226,86	33,42	66,58	0,00	0,03	0,49	0,16	0,23
Bom Jesus do Norte	89,67	33,10	66,90	0,00	0,14	0,0	0,0	0,05
Cachoeiro de Itapemirim	877,31	39,56	60,44	0,00	2,34	1,44	2,50	2,09
Castelo	668,98	21,63	78,37	0,00	0,0	0,03	0,49	0,17
Colatina	1426,02	33,98	66,02	0,00	0,0	0,0	0,05	0,02
Conceição do Castelo	364,82	20,82	79,18	0,00	0,19	0,12	0,08	0,13
Divino de São Lourenço	175,81	26,92	73,08	0,00	0,0	0,04	0,0	0,01
Dores do Rio Preto	152,78	21,03	78,97	0,00	0,09	0,01	0,0	0,03
Guaçuí	468,88	31,72	68,28	0,00	0,03	0,22	0,0	0,08
Guarapari	595,07	50,00	50,00	0,00	0,03	0,20	0,12	0,11
Ibitirama	330,00	21,42	78,58	0,00	0,0	0,03	0,0	0,01
Iconha	202,61	19,11	80,89	0,00	0,06	0,51	0,20	0,26
Itapemirim	557,97	76,99	23,01	0,00	0,14	0,12	0,12	0,13
Jerônimo Monteiro	162,31	35,36	64,64	0,00	1,36	1,58	0,65	1,21
Mimoso do Sul	869,08	32,73	67,27	0,00	0,43	0,52	0,51	0,50
Muniz Freire	679,78	16,41	83,59	0,00	0,03	0,14	0,18	0,12
Muqui	327,47	19,18	80,82	0,00	0,0	0,32	0,0	0,11
Piúma	74,08	84,98	15,02	0,00	0,24	0,46	0,27	0,32
Presidente Kenedy	586,99	78,37	21,59	0,04	0,25	1,02	0,04	0,43
Rio Novo do Sul	203,78	30,15	69,85	0,00	0,01	0,10	0,05	0,05
Santa Leopoldina	272,78	21,93	78,07	0,00	0,06	0,08	0,08	0,07
São José do Calçado	715,68	27,39	72,61	0,00	0,17	0,17	0,16	0,17
Viana	312,19	41,10	58,90	0,00	0,01	0,04	0,01	0,02
Vila Velha	210,71	95,87	4,13	0,00	0,0	0,03	0,0	0,01

Para este cenário, observa-se que Colatina aparece isoladamente dos outros municípios acometidos pela fasciolose (Figura 5). Embora se saiba que este encontra-se em uma zona com 66,02% de inviabilidade (Tabela 5) e que Colatina

não faz divisa com outros municípios que apresentam casos positivos, quando se observa os dados provenientes dos matadouros SIF/SIE/MAPA, pode-se considerar que este faz parte de uma região com focos de fasciolose, conforme demonstrado anteriormente na Figura 4.

Este fato denota ainda mais a importância de se analisar os dados em conjunto para uma completa visualização das informações, o que influencia positivamente para uma melhor tomada de decisões de políticas de saúde pública.

Assim, embora os dados apresentem uma inferência das prevalências sobre o zoneamento, a prevalência nos municípios afetados pela fasciolose nem sempre representam a realidade, uma vez que os dados coletados nos matadouros muitas vezes não refletem a verdadeira origem dos animais. Este se deve principalmente ao livre comércio entre os pecuaristas que faz com que o gado proveniente de uma área endêmica seja abatido em um local que até então era considerado livre da doença.

3.6 CONCLUSÃO

Com base nos dados encontrados, somente as condições climáticas não foram consideradas importantes para a ocorrência de focos de fasciolose no estado do Espírito Santo. O estudo demonstrou que dados biológicos como a presença de moluscos do gênero *Lymnaea* são também de fundamental importância para o estabelecimento e manutenção da doença.

Contudo, as maiores taxas de prevalência para a fasciolose, observadas no estado do Espírito Santo, situaram-se principalmente na região Sul.

Os municípios localizados na região Sul, foram identificados como propensos para o desenvolvimento da doença, uma vez que os mapas de abate e os mapas de zoneamento evidenciaram zonas aptas, a presença do parasito *Fasciola hepatica* e de seus hospedeiros intermediários entre os anos estudados.

Os dados demonstraram ainda, que algumas áreas em que as aptidões observadas foram maiores, os dados de prevalência mantiveram-se menores, o que atesta claramente a importância de um maior controle sanitário dos animais que por ventura cheguem para o abate de outras localidades a estas áreas de elevadas aptidões, pois uma vez verificada a presença do parasito e atestada a ocorrência de seu hospedeiro intermediário, o controle da doença torna-se mais dispendioso e menos eficaz.

Portanto, estratégias de controle e políticas de sanidade animal e uma maior fiscalização no transporte dos animais devem ser direcionadas a estes locais, evitando assim, a ocorrência e o estabelecimento de novos casos em outras regiões.

3.7 REFERENCIAS

ABÍLIO, F. J. P.; WATANABE, T. Ocorrência de *Lymnaea columella* (Gastropoda: Lymnaeidae), hospedeiro intermediário da *Fasciola hepatica*, para o Estado da Paraíba, Brasil. **Revista de Saúde Pública**, v. 32, n. 2, p. 185-186, 1998.

ABUNNA, F.; BEKELE, L. A. M.; REGASSA, A. Bovine fasciolosis: coprological, abattoir survey and its economic impact due to liver condemnation at Soddo municipal abattoir, Southern Ethiopia. **Tropical Animal Health and Production**, v. 42, p. 289-292, 2010.

BENNEMA, S. C.; DUCHEYNE, E.; VERCRUYSSSE, J.; CLAEREBOUT, E.; HENDRICKX, G.; CHARLIER, J. Relative importance of management, meteorological and environmental factors in the spatial distribution of *Fasciola hepatica* in dairy cattle in a temperate climate zone International. **Journal for Parasitology**, v. 41, p. 225–233, 2011.

BERNARDO, C. C.; CARNEIRO, M. B.; AVELAR, B. R.; DONATELE, D. M.; MARTINS, I. V. F.; PEREIRA, M. J. S. Prevalence of liver condemnation due to bovine fasciolosis in Southern Espírito Santo: temporal distribution and economic losses. **Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária**, v. 20, n. 1, p. 49-53, 2011.

CHANIE, M.; BEGASHAW, S. Assessment of the economic impact and prevalence of ovine fasciolosis in Menz Lalo Midir District, Northeast Ethiopia. **Veterinary Word**, v. 5, n. 5, p. 261-264, 2012.

DE WAAL, T.; RELF, V.; GOOD, B.; GRAY, J.; MURPHY, T.; FORBES, A.; MULCAHY, G. Developing models for the prediction of fasciolosis in Ireland. In: HOLDEN, N. M., HOCHSTRASSER, T., SCHULTE R. P. O., WALSH, S. Making Science Work on the Farm, A Workshop on Decision Support Systems for Irish Agriculture. **Agmet**, v. 3, p. 60-63, 2007.

DUTRA, L. H.; MOLENTO, M. B.; NAUMANN, C. R. C.; BIONDO, A. W.; FORTES, F. S.; SAVIO, D.; MALONE, J. B. Mapping risk of bovine fasciolosis in the south of

Brazil using Geographic Information Systems. **Veterinary Parasitology**, v. 169, p. 76-81, 2010.

FARIA, R. N.; CURY, M. C.; LIMA, W.S. Prevalence and dynamics of natural infection with *Fasciola hepatica* (Linnaeus, 1758) in Brazilian cattle. **Revue de Médecine Vétérinaire**, v. 156, n. 2, p. 85-86, 2005.

FOX, N. J.; WHITE, P. C. L.; MCCLEAN, C. J.; MARION, G.; EVAN, A.; HUTCHINGS, M. R. Predicting Impacts of Climate Change on *Fasciola hepatica* Risk. **PlosOne**, v.6, n. 1, p. 16-26, 2011.

FUENTES, M. V.; SAINZ-ELIPE, S.; NIETO, P. Geographical Information Systems risk assessment models for zoonotic fasciolosis in the South American Andes region. **Parassitologia**, v. 47, n. 1, p. 151-156, 2005.

FUENTES, M. V. Remote sensing and climate data as a key for understanding fasciolosis transmission in the Andes: review and update of an ongoing interdisciplinary project. **Geospatial Health**, v. 1, p. 59-70, 2006.

KANTZOURA, V.; KOUAM, M. K.; DEMIRIS, N.; FEIDAS, H.; THEODOROPOULOS, G. Risk factors and geospatial modelling for the presence of *Fasciola hepatica* infection in sheep and goat farms in the Greek temperate Mediterranean environment. **Parasitology**, v.138, p. 926-938, 2011.

KITHUKA, J. M.; MAINGI, N.; NJERUH, F.M.; OMBUI, J.N. The prevalence and economic importance of bovine fasciolosis in Kenya-an analysis of abattoir data. **Onderstepoort Journal of Veterinary Research**, v. 69, p. 255-262, 2002.

LANDIM, P. M. B. **Análise estatística de dados geológicos**. 2. ed. São Paulo: Editora UNESP, 2003. 252p.

LUTZ, A. Sobre a ocorrência de *Fasciola hepatica* no Estado do Rio de Janeiro. **Boletim do Instituto Oswaldo Cruz**, Rio de Janeiro, v. 1, n. 1, p. 9-13, 1921.

MARTINS, I. V. F.; AVELAR, B. R.; PEREIRA, M. J. S.; FONSECA, A. H. Application of a geographical information system approach for risk analysis of fascioliasis in southern Espírito Santo state, Brazil. **Geospatial Health**, v. 6, n. 3, p. 87-93, 2012.

MARTINS, I. V. F.; BERNARDO, C. C.; AVELAR, B. R.; ARAÚJO, I. B. B. A.; DONATELE, D. M.; NUNES, L. C. Sensibilidade e reprodutibilidade da técnica de sedimentação (Foreyt, 2005) para o diagnóstico de *Fasciola hepatica*. **Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária**, v. 17, n. 1, p.110-112, 2008.

MAS-COMA, S. Epidemiology of fascioliasis in human endemic areas. **Journal of Helminthology**, v. 79, p. 207-216, 2005.

MAS-COMA, S.; VALERO, M. A.; BARGUES, M. D. Climate change effects on trematodiasis, with emphasis on zoonotic fascioliasis and schistosomiasis. **Veterinary Parasitology**, v. 163, p. 264-280, 2009.

MAS-COMA, S.; FUNATSU, I. R.; BARGUES, M. D. *Fasciola hepatica* and lymnaeid snails occurring at very high altitude in South America. **Parasitology**, v. 123, n. 07, p. 115-127, 2001.

NAMIKAWA, L. M. A method for triangular grid surface fitting using breaklines. **International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing**, v.30, n. 4, p. 362-368, 1994.

OLIVEIRA, A.; NASCIMENTO, A.; SANTOS, T. A. M.; CARMO, G. M. I; DIMECH, C. P.; ALVES, R. S.; MALASPINA, F.; GARCIA, M.; SANTOS, D. A.; AGUIAR, G. P.; ALBUQUERQUE, B. C.; CARMO E. Estudo da prevalência e fatores associados à fasciolose no município de Canutama, Estado do Amazonas, Brasil. **Epidemiologia e Serviços de Saúde**. v. 16, n. 4, p. 251-259, 2007.

OLIVEIRA, S. M.; FILHA, E. S. Divulgação Técnica: Fasciolose hepática. **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v, 71, n. 1, p. 5-7, jan.- jun., 2009.

OMETTO, J. C. **Bioclimatologia vegetal**. São Paulo: Ceres, 1981. 440 p.

PILE, E.; SANTOS, J. A. A.; SÃO LUÍS, J. B.; VASCONCELOS, M. C. *Fasciola hepatica* em búfalos *Bubalus bubalis* no município de Maricá, Rio de Janeiro, Brasil. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, v. 38, n. 1, p. 288-289, 2001.

RAPSCH, C.; DAHINDEN, T.; HEINZMANN, D.; TORGERSON, P. R.; BRAUN, U.; DEPLAZES, P.; HURNI, L.; BAR, H.; KNUBBEN-SCHWEIZER, G. An interactive map to assess the potential spread of *Lymnaea truncatula* and the free-living stages of *Fasciola hepatica* in Switzerland. **Veterinary Parasitology**, v. 154, p. 242-249, 2008.

REY, L. Primeiro encontro de ovos de *Fasciola hepatica* em inquérito helmintológico de populações brasileiras: Campo Grande, Mato Grosso. **Revista Paulista de Medicina**, v. 53, p. 60, 1958.

SANTOS, L.; VIEIRA, T. F. Considerações sobre os sete primeiros casos de fasciolose humana encontrados no vale do Paraíba, estado de São Paulo, **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, v. 25, n. 27, p. 95-109, 1967.

SERRA-FREIRE, N. M. Fasciolose hepática. **A Hora Veterinária**, v. 1, p. 13-19, 1995.

THORNTHWAITE, C. W.; MATTER, J. R. **The water balance**. Centerton, New Jersey, Publications in Climatology, v.8, n. 1, 1955. 104 p.

TOLEDO, J. V.; MARTINS, L. D.; KLIPPEL, V. H.; PEZZOPANE, J. E. M.; TOMAZ, M. A.; AMARAL, J. F. T. Zoneamento agroclimático para a cultura do pinhão-manso (*Jatropha curcas L.*) e da mamona (*Ricinus communis L.*) no estado do Espírito Santo. **Agropecuária Científica no Semi-Árido**, v. 5, p. 41-51, 2009.

TUM, S.; PUOTINEN, M. L.; COPEMAN, D. B. A geographic information systems model for mapping risk of fasciolosis in cattle and buffaloes in Cambodia. **Veterinary Parasitology**, v. 122, p. 141-149, 2004.

UETA, M. T. Alguns aspectos da biologia de *Lymnaea columella* Say, 1817 (Gastropoda, Pulmonata). **Revista de Saúde Pública**, v. 10, p. 355- 366, 1976.

VALERO, M. A.; PEREZ-CRESPO, I.; KHOUBBANE, M.; ARTIGAS, P.; PANOVA, M.; ORTIZ, P.; MACO, V.; ESPINOZA, V.; MAS-COMA, S. *Fasciola hepatica* phenotypic characterization in Andean human endemic areas: Valley versus altiplanic patterns analysed in liver flukes from sheep from Cajamarca and Mantaro, Peru. **Infection, Genetics and Evolution**, v. 12, p. 403-410, 2012.

VIANELLO, R. L.; ALVES, A. R. **Meteorologia Básica e Aplicações**. Viçosa, UFV, Editora UFV – Universidade Federal de Viçosa, 2004. 450 p.

CAPÍTULO 2

Mudanças climáticas e a previsão de risco futuro para fasciolose bovina no estado do Espírito Santo, Brasil

4 Cap. 2 - MUDANÇAS CLIMÁTICAS E A PREVISÃO DE RISCO FUTURO PARA FASCIULOSE BOVINA NO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO, BRASIL.

4.1 RESUMO

As mudanças climáticas esperadas para os próximos anos podem ocasionar grandes perdas econômicas e um forte impacto sobre as parasitoses intestinais de ruminantes em todo o mundo. Neste sentido, os organismos pertencentes a classe Trematoda parecem ser altamente sensíveis a qualquer mudança nos padrões de temperatura e precipitação ocasionados pelas possíveis mudanças climáticas. Assim, foram elaborados mapas de risco de previsão de risco atual e futuro para *Fasciola hepatica* no estado do Espírito Santo, Sudeste do Brasil, utilizando como base aumentos na temperatura que variaram de 1°C a 5°C. Fatores ambientais e climáticos como temperatura, precipitação, altitude e declividade foram utilizados para geração de mapas de risco bioclimatológicos por meio do *Software ArcGIS/ArcINFO 10.1*. Áreas de alto risco perfizeram um total de 35,42% para o risco atual e tenderam a diminuir com os acréscimos de temperatura para os próximos 100 anos, o que favoreceu um decréscimo de 35,42% para 33,84% nestas regiões. Os locais incluídos nas zonas de baixo risco demonstraram consideráveis acréscimos de suas áreas para temperaturas de até 5°C com valores que variaram de 24,65% para 28,26% de suas áreas. Estes modelos de previsões utilizando aumentos nas temperaturas na geração de mapas de risco para *F. hepatica* foram os primeiros realizados no Brasil e, assim como os demais, representaram uma tendência para auxílio na elaboração de políticas de sanidade animal e humana voltadas para as regiões que demonstraram ser potencialmente aptas para o risco da fasciolose bovina.

Palavras-chave: SIG, mudanças climáticas, *Fasciola hepatica*, bovinos.

4.2 ABSTRACT

The climate change expected for the coming years can cause large economic losses and a strong impact on intestinal parasites of ruminants throughout the world. In this sense, organisms belonging to the class Trematoda seem to be highly sensitive to any changes in the patterns of temperature and rainfall caused by possible climate change. So, maps were elaborated forecasting current and future risk to *Fasciola hepatica* in the state of Espírito Santo, Southeast of Brazil, using as a base increases in the temperature ranging from 1 °C to 5 °C. Environmental and climatic factors like temperature, precipitation, altitude and declivity were used for generation of risk maps bioclimatological through of the *ArcGIS/ArcInfo 10.1* Software. High-risk areas resulted in a total of 35.42% for the current risk and tended to decrease with increases in temperature over the next 100 years, which favored a reduction of 35.42% to 33.84% in these regions. The places included in the of low risk areas showed significant increases in their areas for temperatures up to 5 °C with values ranging from 24.65% to 28.26% of their areas. These forecasting models using increases in temperatures in the generation of risk maps to *F. hepatica* were first made in Brazil and like the others, represented a tendency to aid in policy making animal and human health oriented regions shown to be potentially suitable for the risk of bovine fasciolosis.

Keywords: GIS, climate change, *Fasciola hepatica*, cattle.

4.3 INTRODUÇÃO

A fasciolose é uma enfermidade parasitária e no Brasil é causada principalmente pelo trematoda *Fasciola hepatica*. Bovinos e ovinos são os seus principais hospedeiros, mas outros animais domésticos como bubalinos, suínos, equinos além dos seres humanos, também podem estar suscetíveis (TUM et al., 2004).

Responsável por diversas perdas econômicas, a *F. hepatica*, pode reduzir a produção de carne, leite e lã, levar ao descarte de fígados contaminados em abatedouros, diminuir a força de tração e a fertilidade em alguns animais, além de aumentar a pré-disposição a outras doenças (CUNHA et al., 2007; FOX et al., 2011).

Vinculada a fatores ambientais e climáticos, a ocorrência da fasciolose é comumente associada a regiões com temperaturas que variam entre 10 e 26°C (MITCHELL, 2004).

Outras variáveis, tais como a declividade, a pluviosidade e a presença de áreas alagadas, contribuem efetivamente na manutenção de moluscos aquáticos do gênero *Lymnaea*, que são os hospedeiros intermediários para os estádios larvais do parasito (DUTRA et al., 2010).

Sabe-se que, tanto a distribuição de *F. hepatica*, quanto de seu hospedeiro intermediário, ocorrem sob condições de temperatura e umidade adequadas. Neste contexto, Ollerenshaw e Rowlands (1959) desenvolveram pela primeira vez um modelo de previsão para incidência de *Fasciola hepatica* utilizando dados meteorológicos. Desde então, diversos estudos que utilizam modelagens para a predição de *F. hepatica* têm sido conduzidos com a finalidade de desenvolver um sistema para previsão da doença no espaço e no tempo (HOPE-CAWDERY, 1981; DE WAAL et al., 2007; MCCANN et al., 2010; FOX et al., 2011; WALKER et al., 2011).

Recentemente, as mudanças climáticas têm sido apontadas como uma das principais causas para o aumento da prevalência de doenças relacionadas a parasitos intestinais, uma vez que a sobrevivência destes depende de uma série de fatores climatológicos e ambientais (VAN DIJK et al., 2008; FOX et al., 2012).

As fortes evidências das ligações entre os elementos climáticos e a ocorrência da fasciolose, incitaram a criação de modelos de previsão que podem contribuir na prevenção da doença em escalas mais amplas, permitindo o

desenvolvimento e a implementação de estratégias de controle melhoradas (FOX et al., 2011).

Com o desenvolvimento de novas tecnologias, os Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) podem contribuir de forma efetiva na elaboração de modelos espaciais de risco para a fasciolose. O SIG pode incorporar dados ambientais e climáticos para posterior correlação com dados epidemiológicos sobre a prevalência da doença, e dessa forma, determinar os fatores de risco para sua ocorrência (MCCANN et al., 2010).

Modelos de previsão de risco para fasciolose têm sido criados e aplicados em países da África (YLMA e MALONE, 1998) do Mediterrâneo (KANTZOURA et al., 2011) na Austrália (DURR et al., 2005), Camboja (TUM et al., 2004) na América do Norte (MALONE et al., 1992; ZUKOWSKI et al., 1993) e América do Sul (FUENTES et al., 2004; FUENTES et al., 2005; FUENTES, 2006; DUTRA et al., 2010).

Assim, buscou-se com este estudo, elaborar mapas de favorabilidade bioclimatológicos para fasciolose no Estado do Espírito Santo, visando realizar uma previsão de risco para fasciolose com modelos que simulem aumentos graduais de temperatura.

4.4 MATERIAL E MÉTODOS

4.4.1 ÁREA DE ESTUDO

O Estado do Espírito Santo (Figura 1) está localizado entre os paralelos de 17°53'29" a 21°18'03" de latitude Sul e os meridianos 39°41'18" a 41°52'45" longitude Oeste de Greenwich que juntamente com os Estados de Minas Gerais, Rio de Janeiro e São Paulo, integram a região Sudeste do Brasil (TOLEDO et al., 2009).

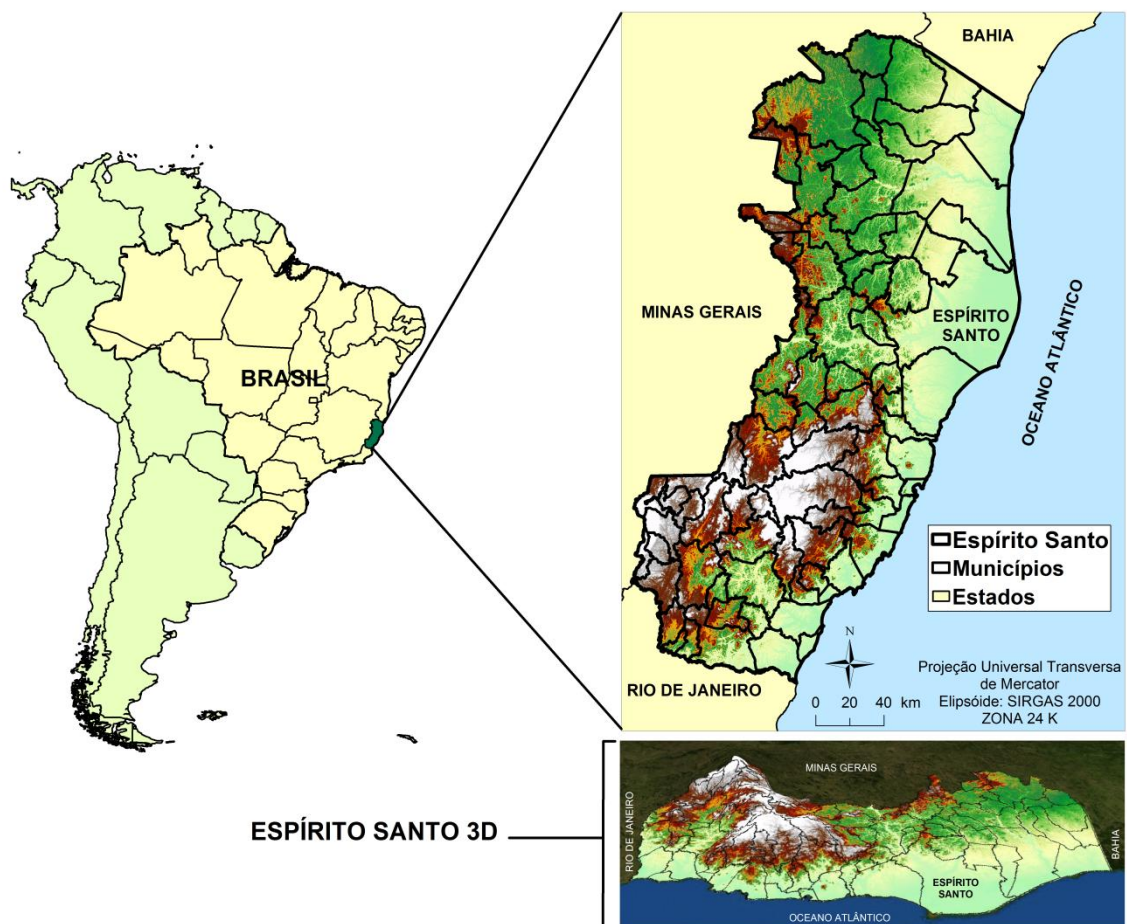


Figura 1- Mapa territorial do estado do Espírito Santo, sua localização e seus pontos mais elevados em 3D.

Seu território compreende duas regiões naturais distintas: o litoral, que se estende por uma área de 400 km, e o planalto. Ao longo da costa Atlântica encontra-se uma faixa de planície que representa 40% da área total do estado, e, à medida

que se penetra em direção ao interior, o planalto dá origem a uma região montanhosa, com altitudes superiores a 1.000m, onde se eleva a Serra do Caparaó (SILVA et al., 2011).

Por ser uma região litorânea, o estado do Espírito Santo sofre pressões de ventos como o anticiclone semifixo do Atlântico Sul e o anticiclone polar móvel. Segundo a classificação de Köppen, o clima é *Aw-quente* e úmido (tropical chuvoso), com chuvas no Verão e seca no Inverno (sub-seca no mês de agosto) (VIANELLO e ALVES, 1991).

4.4.2 FATORES DETERMINANTES PARA A FASCIULOSE NO ESPÍRITO SANTO

Para elaboração dos mapas de zoneamento para fasciolose no estado do Espírito Santo, foram utilizados dados de uma série temporal de 30 anos, representativa de 110 estações meteorológicas localizadas no estado (Anexo 1), visando favorecer as interpolações dos dados e a aplicação do balanço hídrico segundo Thornthwaite e Matter (1955) de acordo com os atributos necessários descritos abaixo na Tabela 1.

Tabela 1- Atributos necessários para geração do balanço hídrico bioclimatológico proposto por Thornthwaite e Matter (1955).

Atributo	Unidade	Característica do dado
Município	-	texto
Altitude da estação	m	real
Série temporal	ano	inteiro
Longitude	décimos de graus	real
Latitude	décimos de graus	real
Temperatura média anual	°C	real
Precipitação média anual	mm	real
Evapotranspiração potencial	mm	real
Evapotranspiração real	mm	real
Deficiência hídrica anual	mm	real
Excedente hídrico anual	mm	real

Por meio de um modelo matemático constituído pelo SIG, as quatro variáveis que caracterizam o zoneamento para a fasciolose foram inseridas em uma base de dados de acordo com a sua relevância para a doença. Para tal, foram adotados

pesos que variaram de 1 a 3 (MARTINS et al., 2012), distribuídos em áreas consideradas altas, intermediárias e inviáveis para a ocorrência da fasciolose no Espírito Santo.

Sobre as imagens matriciais de altitude, temperatura, precipitação pluviométrica e declividade, aplicou-se a “reclassificação espacial” com o objetivo de representar as regiões aptas, restritas e inviáveis para a fasciolose, conforme demonstrado na Tabela 2.

Estes valores foram baseados em trabalhos que assumiram temperaturas inviáveis aquelas abaixo de 10°C, restritas entre 10°C à 15°C e maiores que 25°C e consideradas ótimas nas faixas entre 10°C à 26°C (MITCHELL, 2004; RAPSCH et al., 2008) além de altitudes como favoráveis aquelas situadas entre 0 à 500m de elevação ao nível do mar, assim como valores de declividade de até 10% (TUM et al., 2004; MARTINS et al, 2012). Sabe-se que as altitudes favoráveis poderão ser superiores à 1000m, conforme relatos de casos de fasciolose encontrados na região dos Andes (MAS-COMA et al., 2001), mas para este estudo optou-se por aquela faixa que melhor representasse a condição local.

Tabela 2- Atributos e seus pesos relativos, de acordo com o potencial de risco para fasciolose no estado do Espírito Santo.

Variáveis	Peso relativo		
	1	2	3
Altitude	0-500m	500-1000m	>1000m
Temperatura	15-25°C	10-15°C e >25°C	<10°C
Declividade	Até 10%	10 a 15%	Acima de 15%
Pluviosidade	1000-2500mm/ano	<1000mm/ano	>2500mm/ano

*Região apta (1), restritiva (2) e inviável (3) possibilidade para a ocorrência da fasciolose.

4.4.3 MODELO DE RISCO BIOCLIMATOLÓGICO

De acordo com o ultimo relatório do *Intergovernmental Panel on Climate Change- IPCC* (2007) ficou evidente que a temperatura do Planeta está em ascensão, sendo que as projeções até o final deste século apontam para aumentos de 1,8 a 6,4°C na temperatura média do ar em várias partes do mundo, incluindo o

Brasil e, conseqüentemente, o estado do Espírito Santo. Diante do exposto, novamente, sob o balanço hídrico já processado, foi considerado o efeito do incremento temperatura, para os próximos 100 anos, de: +1°C, +2°C, +3°C, +4°C e +5°C.

4.4.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA E GERAÇÃO DE DADOS CARTOGRÁFICOS

Após a análise dos dados, utilizando o programa *ArcGIS/ArcINFO 10.1*, foi realizada a importação das planilhas referente aos balanços hídricos, para compor a vetorização espacial pontual das estações meteorológicas e sua respectivas tabelas de variáveis. Em seguida, foi aplicada a regressão linear múltipla, utilizando como variáveis independentes a altitude e as coordenadas geográficas longitude (X) e latitude (Y), ambas pelo Sistema Universal Transverso de Mercator (*UTM*), e como variável dependente a temperatura, conforme descrito na equação de regressão múltipla abaixo:

$$T = \beta_0 + \beta_1 \text{ALT} + \beta_2 X + \beta_3 Y \quad (\text{eq. 1})$$

Em que,

T: temperatura (°C);

ALT: altitude (m);

X: coordenada *UTM* X (m);

Y: coordenada *UTM* Y (m);

β_0 : constante de regressão;

β_1, β_2 e β_3 : coeficientes de regressão para as variáveis ALT, X e Y.

Assim, por meio da interpolação espacial pelo método da krigagem esférica para X, Y e precipitação, foram geradas as imagens matriciais de longitude (X) e latitude (Y) (Anexos 2, 3 e 4). Estes foram importados para o aplicativo *ArcGIS/ArcINFO 10.1* e gerado o Modelo Digital de Elevação (MDE) do projeto *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM), disponibilizado pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) na escala de 1:250.000 na projeção cartográfica WGS 84.

Sobre as imagens matriciais de temperatura atual e acréscimos, aplicou-se a função de reclassificação espacial com o objetivo de representar as classes de

aptidão, restrição e inviabilidade para a fasciolose, gerando-se imagens matriciais reclassificadas para todos os atributos mencionados.

Para representar de forma mais real as condições de risco, os dados foram ponderados, utilizando-se o método AHP proposto por Saaty (1977) que hierarquizou a decisão dos problemas em níveis de acordo com os seus respectivos pesos. Este método determinou por meio da síntese dos valores dos agentes de decisão, uma medida global para cada alternativa, priorizando-as ou classificando-as ao finalizar o método. Logo, foi utilizada a matriz de decisão, fazendo uso da escala fundamental de Saaty. O método de elaboração da matriz fez uso de uma escala de comparação, em que se definiu linearmente a hierarquia de importância entre os fatores anteriormente definidos obtendo-se uma razão aceitável de consistência de 0,03 (Anexo 5).

Após a atribuição dos pesos estatísticos de cada classe vetorial poligonal, foi utilizada a função “*raster calculator*” para geração do modelo estatístico: Risco Bioclimatológico para Fasciolose (RBF), representado por:

$$RBF = PR + DR + TR \quad (\text{eq. 2})$$

Onde:

RBF: Risco Bioclimatológico para Fasciolose

PR: Precipitação Reclassificada

DR: Declividade Reclassificada

TR: Temperatura Reclassificada

Logo após a padronização e filtragem dos dados, obteve-se os padrões de (R1) Risco Baixo, (R2) Risco Médio, (R3) Risco Alto e (R4) Risco Muito Alto conforme demonstrado na Figura 2 abaixo:

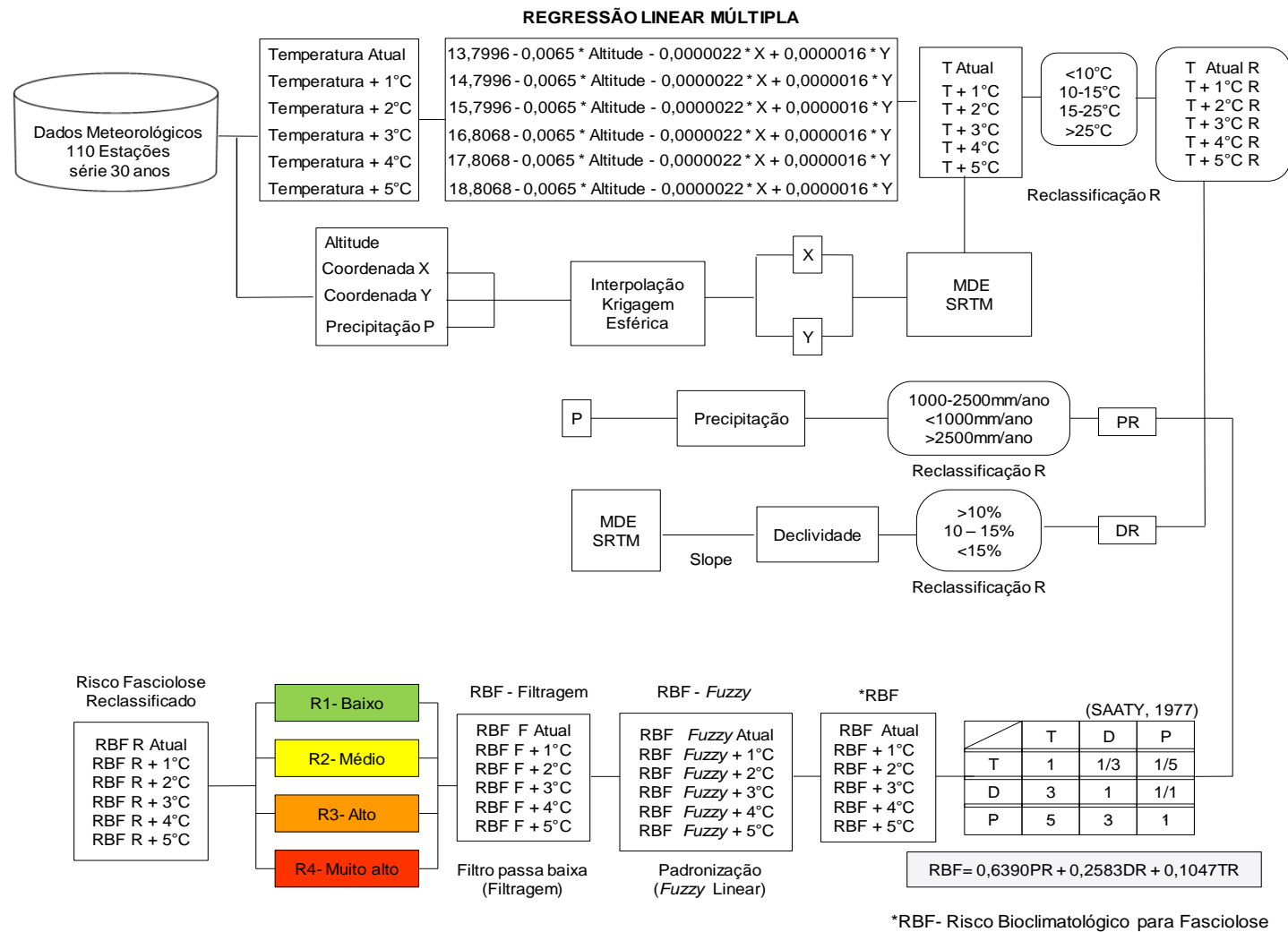


Figura 2- Fluxograma demonstrativo sobre as etapas realizadas para a geração dos mapas de risco para fasciolose bovina no estado do Espírito Santo.

4.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O RBF atual demonstrou que dos 78 municípios contidos na extensão total do estado, 35,42% estavam inseridos na classe de risco muito alto para fasciolose (R4) e 24,65%, na classe de baixo risco (R1) (Figura 3).

Vale ressaltar que as áreas de alto risco foram geradas com base nas áreas aptas, apresentadas na Tabela 2, e que considerou, conforme Dutra et al. (2010) que a maioria dos municípios incluídos na categoria alto risco encontraram-se em áreas onde a declividade atinge valores de até 10% e altitudes de até 500m. Estes resultados ressaltam a importância da declividade como fator de risco para fasciolose, uma vez que baixas declividades conduzirão a uma menor velocidade de escoamento da água, o que resultará em áreas constantemente alagadas, fator diretamente relacionado a manutenção de moluscos do gênero *Lymnaea*, hospedeiros intermediários do parasito *F. hepatica* (DE WAAL et al., 2007; PAZ-SILVA et al., 2007).

Em relação à temperatura, locais em que esta se encontrava acima das faixas limites para sobrevivência de *F. hepatica*, combinadas com uma alta pluviosidade local, tenderão a tolerar mudanças futuras nos padrões de riscos, pois sabe-se que o fator chuva isoladamente não pode ser considerado um elemento restritivo (FOX et al., 2011).

Contudo Rapsch et al. (2008) observaram que além dos fatores temperatura e precipitação, outros como umidade e as condições do solo na retenção de água, são de igual valor para a sobrevivência de *F. hepatica*. Nesse sentido, nem mesmo o fator temperatura isoladamente pode ser considerado limitante para o desenvolvimento do parasito e seus hospedeiros. Para o presente estudo, nota-se que as áreas que apresentam os maiores riscos para transmissão da doença situam-se justamente em regiões com temperaturas médias adequadas para o desenvolvimento do parasito e seus hospedeiros intermediários, o que comprova a veracidade do modelo aplicado.

Sabe-se que aumentos nas médias de temperaturas globais podem influenciar diretamente as taxas de precipitação em determinadas regiões. Os efeitos da temperatura e da precipitação nos estádios de vida livre do parasito podem de certa forma determinar a abundância da carga parasitária em alguns animais, devido mudanças nas condições climáticas regionais. Van Dijk et al. (2008)

observaram evidências claras de que aumentos graduais nas médias de temperaturas, poderiam influenciar a abundância, a sazonalidade e a distribuição espacial de diversos parasitos em todo Reino Unido. Durr et al. (2005) também encontraram uma relação evidente entre o aumento da temperatura e conseguinte acréscimo da precipitação sobre a progressão da prevalência da fasciolose em Melbourne, na Austrália.

Alguns estudos de predição de risco para fasciolose têm sido desenvolvidos em várias partes do mundo. Muitos trabalhos sugerem um aumento no risco futuro para a doença, sendo este atribuído a possíveis mudanças climáticas (MAS-COMA et al., 2009; VAN DIJK et al., 2008).

O presente estudo difere destes achados, uma vez que os dados indicaram uma diminuição das áreas de alto (R3) e muito alto risco (R4) para a fasciolose e um aumento das áreas de baixo risco (R1), como demonstrado abaixo na Tabela 3.

Tabela 3- Descrição dos percentuais de previsão das áreas de acordo com as classes de risco e respectivos aumentos de temperatura de 1 a 5°C para o estado do Espírito Santo.

Classes de Risco	RBF Atual	RBF + 1°C	RBF + 2°C	RBF + 3°C	RBF + 4°C	RBF + 5°C
R1 Risco Baixo	24,65	21,49	23,73	25,14	26,59	28,26
R2 Risco Médio	25,15	29,60	27,66	26,40	25,18	23,73
R3 Risco Alto	14,78	14,80	14,61	14,50	14,34	14,16
R4 Risco Muito Alto	35,42	34,12	33,99	33,96	33,89	33,84

* RBF, Risco bioclimatológico para *Fasciola hepatica* (Linnaeus, 1758).

*A comparação dos dados situa-se entre as linhas.

Assim, foi possível observar que o aumento na temperatura em até 5°C favoreceu um decréscimo de 35,42% para 33,84% nas áreas de muito alto risco em direção à leste e a um acréscimo de 24,65% para 28,26% nas áreas de baixo risco por todo o estado do Espírito Santo, conforme apresentado nas Figuras 3, 4 e 5. Fox et al. (2011) encontraram uma mudança sem precedentes para a fasciolose no Reino Unido. Em locais onde as altas temperaturas estariam aliadas a baixas precipitações, poderá refletir uma queda do risco para fasciolose bovina até o ano de 2040.

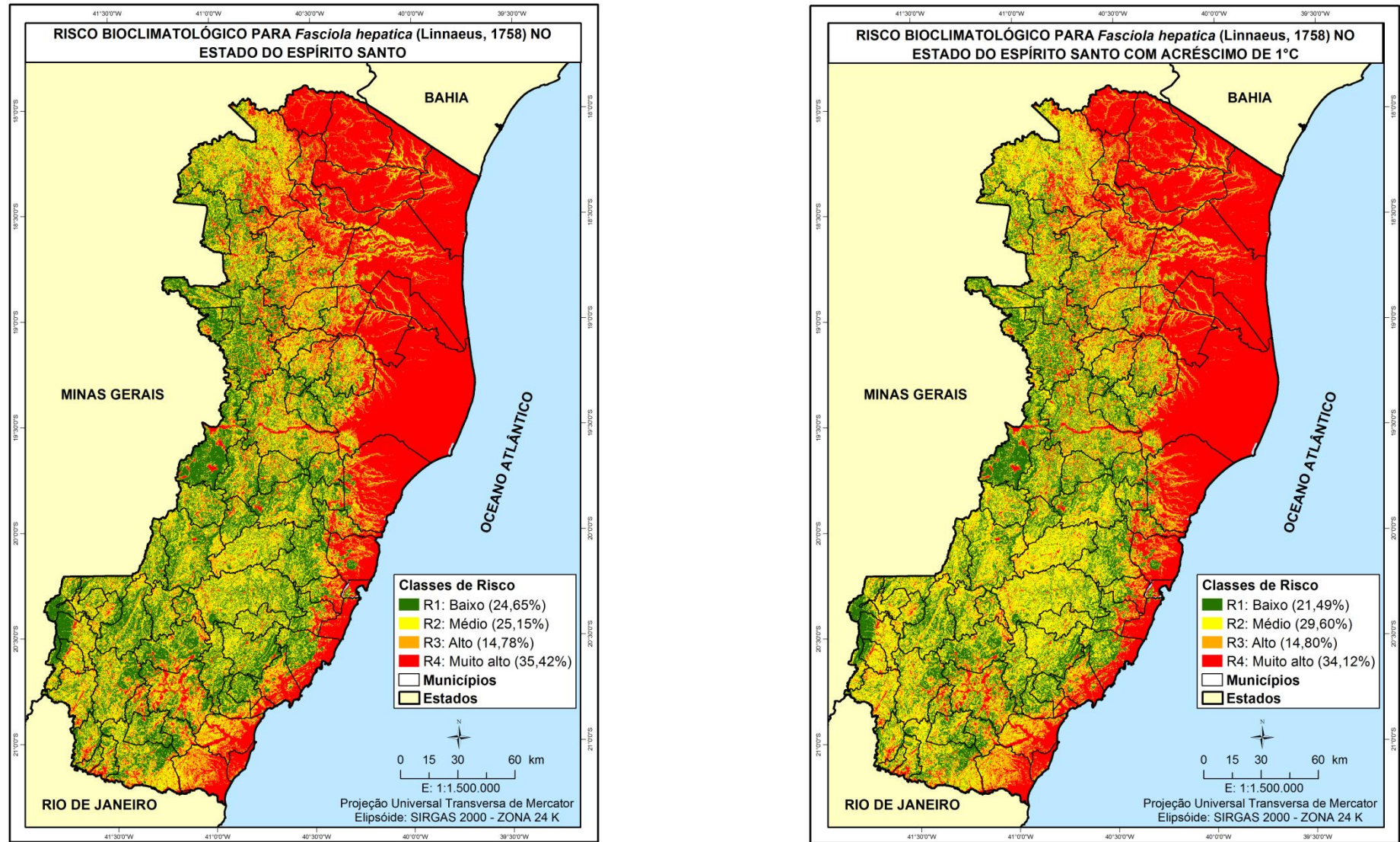


Figura 3- Mapas de risco para fasciolose bovina no estado do Espírito Santo com a temperatura atual e com acréscimo de 1°C.

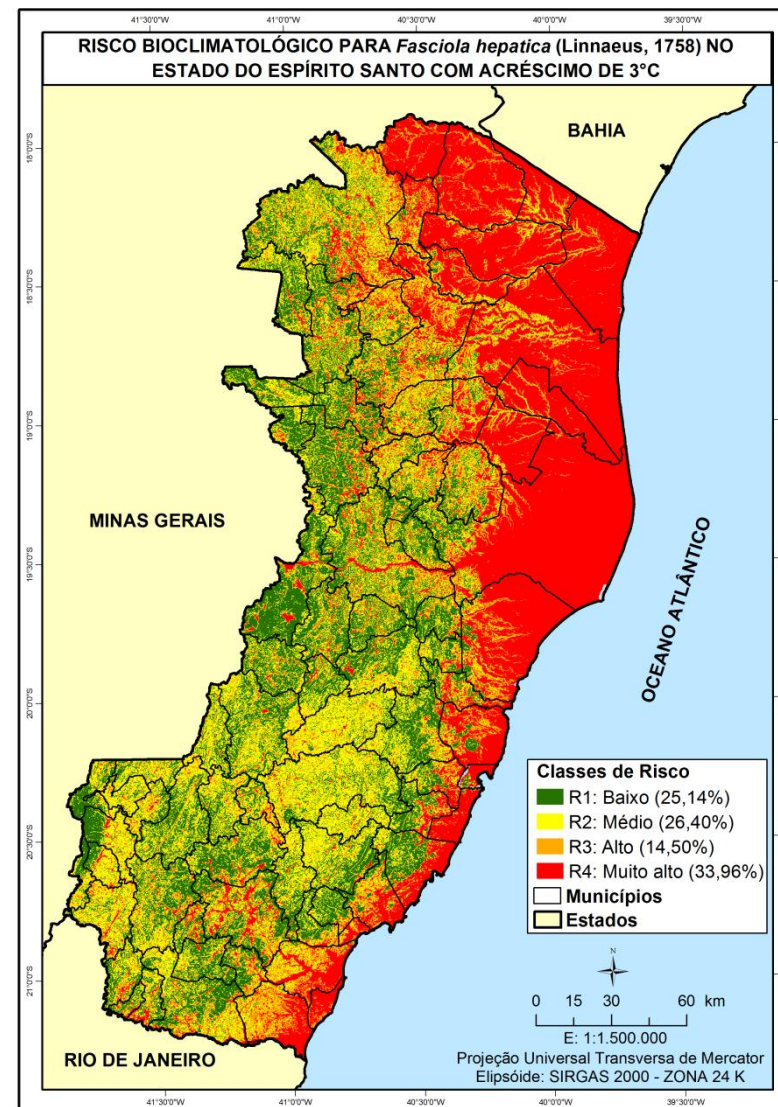
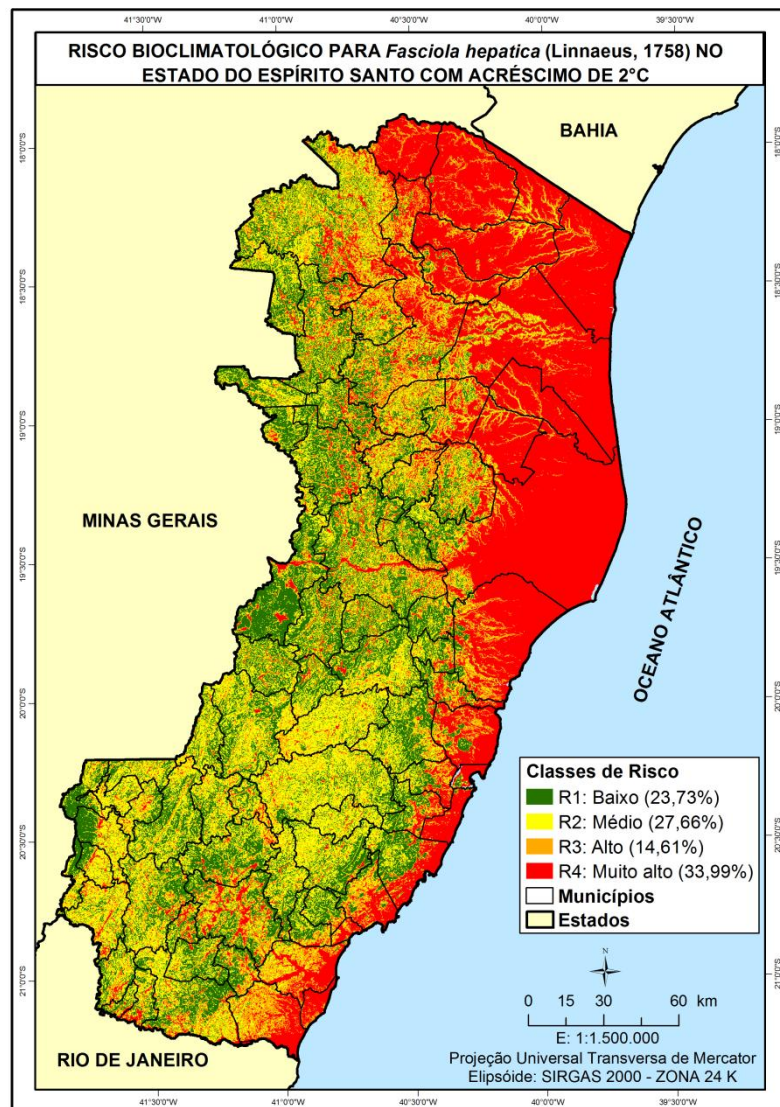


Figura 4- Mapas de risco para fasciolose bovina no estado do Espírito Santo com acréscimos de 2°C e 3°C.

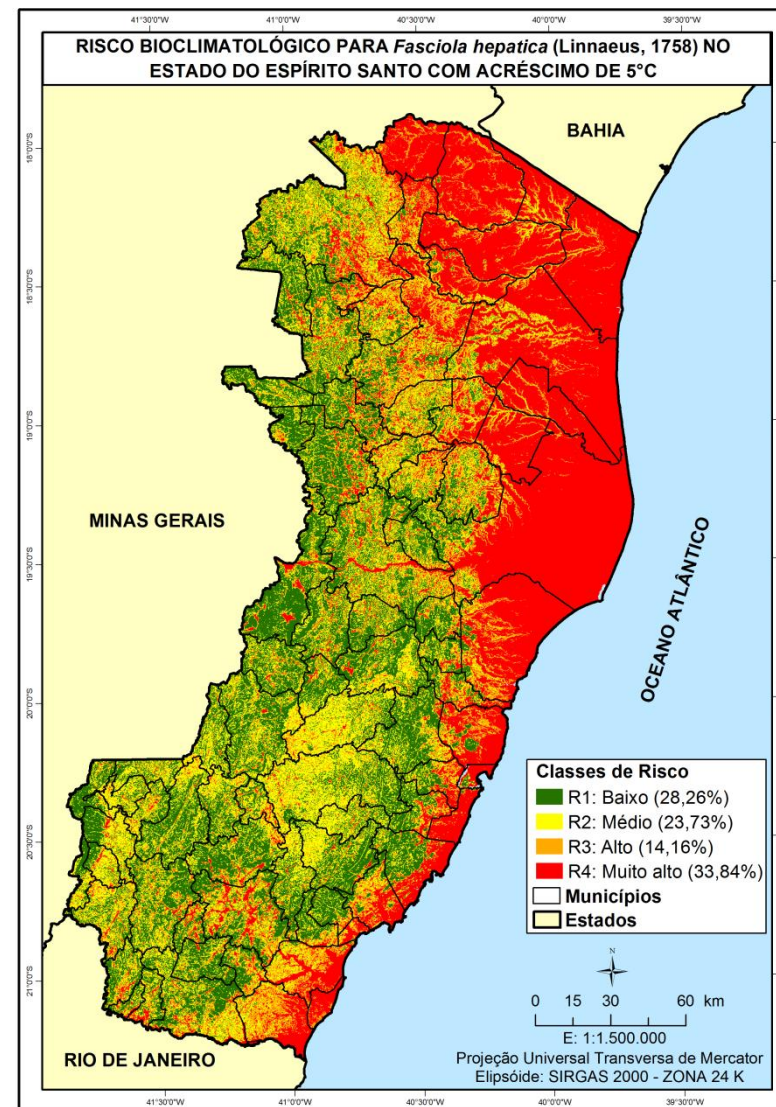
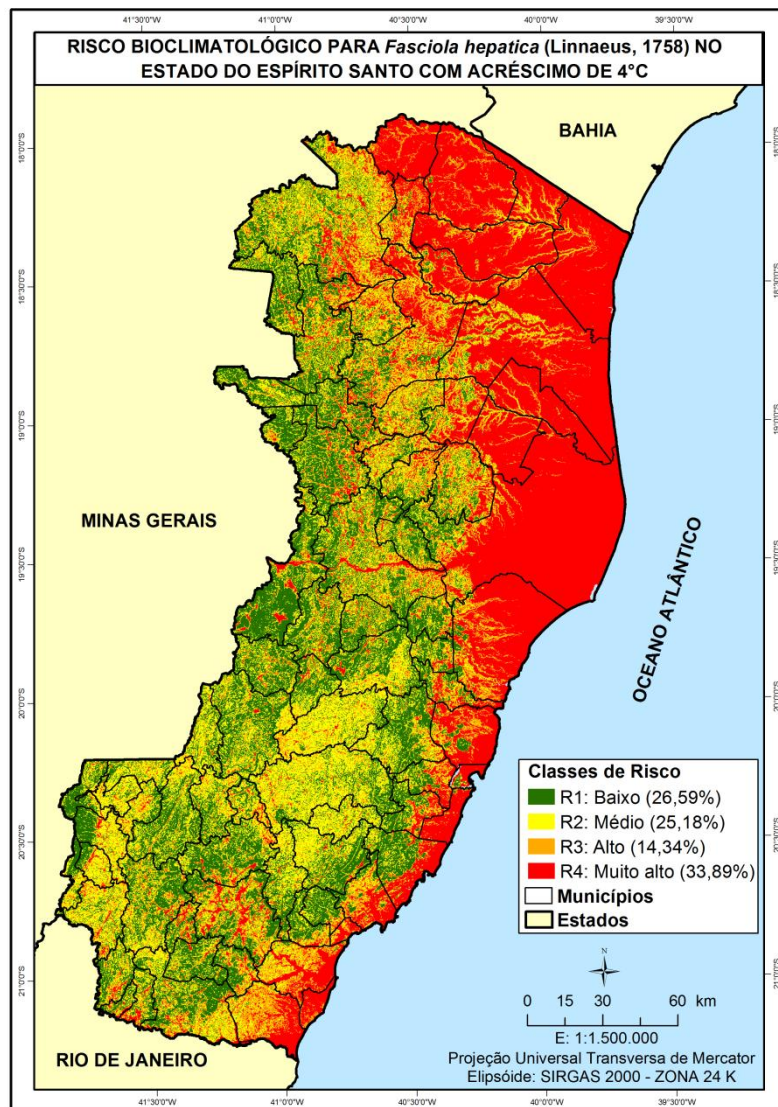


Figura 5- Mapas de risco para fasciolose bovina no estado do Espírito Santo com acréscimos de 4°C e 5°C.

Esta possível diminuição das áreas R3 e R4 podem ser explicadas devido ao fato de que o aumento de temperaturas em determinadas regiões favorecerá a uma maior evapotranspiração de áreas que são comumente alagadas em épocas de chuvas. Sabe-se que temperaturas elevadas conduzirão a redução da umidade e, conseqüentemente, diminuição desses alagados (CRUZ-MENDOZA et al., 2005; FUENTES et al., 2006).

Os fatores temperatura e umidade são considerados importantes, uma vez que essas áreas são fundamentais para o desenvolvimento de moluscos do gênero *Lymnaea* e também são locais de sobrevivência das formas larvais de *F. hepatica* (TUM et al., 2004; FUENTES et al., 2006; DE WAAL et al., 2007; BENNEMA et al., 2011).

O aumento da temperatura também poderá limitar as áreas de pastejo do gado, levando a uma eventual diminuição do risco de contaminação para o rebanho. Regiões onde a estação de pastejo poderá ser reduzida levarão a um aumento nas áreas de baixo risco (R1), pois de acordo com Bennema et al. (2011) a escassez na proporção de alimento aliada a redução do comprimento da estação de pastagem, poderá influenciar de forma direta a contaminação dos animais pelas metacercárias, que são os estádios encistados infectantes do parasito.

O tempo de pastagem também pode ser considerado um fator de risco, pois animais que passam longos períodos se alimentando estão sujeitos a uma maior exposição devido à presença das metacercárias no ambiente proveniente (KANTZOURA et al., 2011).

Neste contexto, Rapsch et al. (2008) classificaram o risco de acordo com a temperatura do ambiente em que os ovos se encontravam e notaram que poderia existir um limiar de temperatura para a sobrevivência dos ovos de *F. hepatica*. Estes achados sugerem que, em temperaturas acima de 26°C, o risco tende a diminuir lentamente e, em áreas onde as temperaturas poderão atingir 30°C ou mais, estarão sujeitas a uma rápida inclinação negativa do risco a cada grau de elevação da temperatura.

Apesar dos resultados apresentarem uma diminuição das áreas de risco para *Fasciola hepatica* no estado do Espírito Santo com os possíveis efeitos das mudanças climáticas, eles apenas refletem uma tendência seguida pelo modelo de previsão futura. Entretanto, os mapas de risco gerados neste estudo oferecem uma ferramenta valiosa para o controle e prevenção do risco da fasciolose. É ainda

conveniente ressaltar, que outros fatores devem ser associados a estes indicativos, como diferenças entre as escalas temporais e reais, possíveis resistências a drogas anti-helmínticas, aclimatação dos parasitos ou seus hospedeiros ao longo do tempo e suas interações com o meio.

4.6 CONCLUSÕES

Sob estas condições, a condução e a análise dos resultados demonstraram que as áreas de alto risco diminuirão ao longo dos anos. Para as áreas de baixo risco ocorreu um aumento destas para regiões mais interiores do estado, no sentido leste.

Quando a temperatura foi utilizada como fator limitante, notou-se que a temperatura por si só, não é de fundamental importância para o desenvolvimento do parasito e seu hospedeiro intermediário, uma vez que temperaturas altas regulam a distribuição das chuvas, considerada esta, um fator preponderante para a manutenção e ocorrência da fasciolose.

Dessa forma, a utilização dos mapas de riscos para fasciolose como uma ferramenta para a tomada de decisões em políticas públicas, medidas de controle e de sanidade animal, pode ser considerada de fundamental importância.

4.7 REFERENCIAS

BENNEMA, S. C.; DUCHEYNE, E.; VERCRUYSSSE, J.; CLAEREBOUT, E.; HENDRICKX, G.; CHARLIER, J. Relative importance of management, meteorological and environmental factors in the spatial distribution of *Fasciola hepatica* in dairy cattle in a temperate climate zone. **International Journal for Parasitology**, v. 41, p. 225–233, 2011.

CRUZ-MENDONZA, I.; VELARDE-IBARRA, F.; QUINTERO-MARTÍNEZ, M. T.; NARANJO-GRACÍA, E.; LECUMBERRI-LÓPEZ, J.; CORREA, D. Seasonal transmission of *Fasciola hepatica* in cattle and *Lymnaea* (*Fossaria*) *humilis* snails in central Mexico. **Parasitology Research**, v.95, p. 283-286, 2005.

CUNHA, F. O. V.; MARQUES, S. M. T.; MATTOS, M. J. T. Prevalence of slaughter and liver condemnation due to *Fasciola hepatica* among sheep in the state of Rio Grande do Sul, Brazil 2000 and 2005. **Parasitología Latinoamericana**, v. 62, p. 188-191, 2007.

DE WAAL, T.; RELF, V.; GOOD, B.; GRAY, J.; MURPHY, T.; FORBES, A.; MULCAHY, G. Developing models for the prediction of fasciolosis in Ireland. In: HOLDEN, N. M.; HOCHSTRASSER, T.; SCHULTE R. P. O.; WALSH, S. Making Science Work on the Farm, A Workshop on Decision Support Systems for Irish Agriculture. **Agmet**, v. 3, p. 60-63, 2007.

DURR, P. A.; TAIT, N.; LAWSON, A. B. Bayesian hierarchical modelling to enhance the epidemiological value of abattoir surveys for bovine fasciolosis. **Preventive Veterinary Medicine**, v. 71, p. 157-172, 2005.

DUTRA, L. H.; MOLENTO, M. B.; NAUMANN, C. R. C.; BIONDO, A. W.; FORTES, F. S.; SAVIO, D.; MALONE, J. B. Mapping risk of bovine fasciolosis in the south of Brazil using Geographic Information Systems. **Veterinary Parasitology**, v. 169, p. 76-81, 2010.

FOX, N. J.; MARION, G.; DAVIDSON, R. S.; WHITE, P. C. L.; HUTCHINGS, M. R. Livestock Helminths in a Changing Climate: Approaches and Restrictions to Meaningful Predictions. **Animals**, v. 2, p. 93-107, 2012.

FOX, N. J.; WHITE, P. C. L.; MCCLEAN, C. J.; MARION, G.; EVAN, A.; HUTCHINGS, M. R. Predicting Impacts of Climate Change on *Fasciola hepatica* Risk. **PlosOne**, v.6, n. 1, p. 16-26, 2011.

FUENTES M. V.; SAINZ-ELIPE, S.; NIETO, P. Geographical Information Systems risk assessment models for zoonotic fasciolosis in the South American Andes region. **Parassitologia**, v. 47, n. 1, p. 151-156, 2005.

FUENTES, M. V. Proposal of a Geographic Information System for modeling zoonotic fasciolosis transmission in the Andes. **Parasitología Latinoamericana**, v. 59, p. 51-55, 2004.

FUENTES, M. V. Remote sensing and climate data as a key for understanding fasciolosis transmission in the Andes: review and update of an ongoing interdisciplinary project. **Geospatial Health**, v. 1, p. 59-70, 2006.

HOPE-CAWDERY, M. M. J.; TALUNTAIS, A. F.; LEITRIM, C. Changing temperatures and prediction models for the liver fluke (*Fasciola hepatica*). **Journal of Thermal Biology**, v. 6, p. 403-408, 1981.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the IPCC, 2007. Available at: < <http://www.ipcc.ch/ipccreports/ar4-wg1.htm>>. Visited in: 03/08/2012.

KANTZOURA, V.; KOUAM, M. K.; DEMIRIS, N. .; FEIDAS, H.; THEODOROPOULOS, G. Risk factors and geospatial modelling for the presence of *Fasciola hepatica* infection in sheep and goat farms in the Greek temperate Mediterranean environment. **Parasitology**, v.138, p. 926-938, 2011.

KENYON, F.; SARGISON, N.D.; SKUCE, P.J.; JACKSON F. Sheep helminth parasitic disease in south eastern Scotland arising as a possible consequence of climate change. **Veterinary Parasitology**, v. 163, p. 293-297, 2009.

MALONE, J. B.; FEHLER, D. P.; LOYACANO, A. F.; ZUKOWSKI, S. H. Use of Landsat MSS imagery and soil type in a geographical information system to assess site specific risk of *Fasciola* on Red river basin farms in Louisiana. **Annals New York Academy Sciences**, v. 653, p. 389-397, 1992.

MARTINS, I. V. F.; AVELAR, B. R.; PEREIRA, M. J. S.; FONSECA, A. H. Application of a geographical information system approach for risk analysis of fascioliasis in southern Espírito Santo state, Brazil. **Geospatial Health**, v. 6, n. 3, p. 87-93, 2012.

MAS-COMA, S.; VALERO, M. A.; BARGUES, M. D. Climate change effects on trematodiasis, with emphasis on zoonotic fascioliasis and schistosomiasis. **Veterinary Parasitology**, v. 163, p. 264-280, 2009.

MAS-COMA, S.; FUNATSU, I. R.; BARGUES, M. D. *Fasciola hepatica* and lymnaeid snails occurring at very high altitude in South America. **Parasitology**, v. 123, n. 07, p. 115-127, 2001.

MCCANN, C. M.; BAYLIS, M.; WILLIAMS, D. J. L. The development of linear regression models using environmental variables to explain the spatial distribution of *Fasciola hepatica* infection in dairy herds in England and Wales. **International Journal for Parasitology**, v. 40, p. 1021-1028, 2010.

MITCHELL, G. B.B. Treatment and control of liver fluke in sheep and cattle, Technical Note 557, Nov. 2004.

OLLERENSHAW, C. B., ROWLANDS, W. T. A method of forecasting the incidence of fascioliasis in Anglesey. **Veterinary Record**, v. 17, p. 591-598, 1959.

PAZ-SILVA, A.; HILLYER, G. V.; ARIAS, M. S.; SÁNCHEZ-ANDRADE, R.; PEDREIRA, J.; SUÁREZ, J. L.; LOMBA, C.; DÍAZ, P.; FRANCISCO, I.; DÍEZ-

BAÑOS, P.; MORRONDO, P. A Cross-Sectional Study of Fasciolosis in Autochthonous Cattle From NW Spain by Using a 2.9-kDa Recombinant Protein. **International Journal of Applied Research in Veterinary Medicine**, v. 5, n. 2, 2007.

RAPSCH, C.; DAHINDEN, T.; HEINZMANN, D.; TORGERSON, P. R.; BRAUN, U.; DEPLAZES, P.; HURNI, L.; BAR, H.; KNUBBEN-SCHWEIZER, G. An interactive map to assess the potential spread of *Lymnaea truncatula* and the free-living stages of *Fasciola hepatica* in Switzerland. **Veterinary Parasitology**, v. 154, p. 242-249, 2008.

SAATY, T. L. A. Scaling method for priorities in hierarchical structures. **Journal of Mathematical Psychology**, v.15, p. 234-281, 1977.

SILVA, E. D.; SANTOS, A. R.; SILVA, K. G., Estudo morfológico e climático dos municípios da região Serrana do Estado do Espírito Santo. **Caminhos de Geografia**. 12, 94-103, 2011.

THORNTHWAITE, C. W.; MATTER, J. R. **The water balance**. Centerton, New Jersey, Publications in Climatology, v.8, n. 1, 1955. 104 p.

TOLEDO, J. V.; MARTINS, L. D.; KLIPPEL, V. H.; PEZZOPANE, J. E. M.; TOMAZ, M. A.; AMARAL, J. F. T. Zoneamento agroclimático para a cultura do pinhão-manso (*Jatropha curcas L.*) e da mamona (*Ricinus communis L.*) no estado do Espírito Santo. **Agropecuária Científica no Semi-Árido**, v. 5, p. 41-51, 2009.

TUM, S.; PUOTINEN, M.L.; COPEMAN, D. B. A geographic information systems model for mapping risk of fasciolosis in cattle and buffaloes in Cambodia. **Veterinary Parasitology**, v. 122, p. 141–149, 2004.

VAN DIJK, J.; DAVID, G. P.; BAIRD, G.; MORGAN, E. R. Back to the future: Developing hypotheses on the effects of climate change on ovine parasitic gastroenteritis from historical data. **Veterinary Parasitology**, v. 158, p.73-84, 2008.

VIANELLO, R. L.; ALVES, A. R. **Meteorologia Básica e Aplicações**. Viçosa, UFV, Editora UFV – Universidade Federal de Viçosa, 2004. 450 p.

WALKER, S. M.; JOHNSTON, C.; HOEY, E. M.; FAIRWEATHER, I.; ORGSTEED, F. B.; GAASENBEEK, C.; PRODÖHL, P. A.; TRUDGETT, A. Population dynamics of the liver fluke, *Fasciola hepatica* : the effect of time and spatial separation on the genetic diversity of fluke populations in the Netherlands. **Parasitology**, v.138, p. 215-223, 2011.

YILMA, J. M.; MALONE, J. B. A geographic information system forecast model for strategic control of fasciolosis in Ethiopia. **Veterinary Parasitology**, v. 78, p. 103-127, 1998.

ZUKOWSK, S. H.; WILKERSON, G. W.; MALONE, J. B. Fasciolosis in cattle in Louisiana. II. Development of a system to use soil maps in a geographic information system to estimate disease risk on Louisiana coastal marsh rangeland. **Veterinary Parasitology**, v. 47, p. 51-65, 1993.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise espacial do risco bioclimatológico para *F. hepatica*, demonstrou que a maior parte das áreas do estado encontra-se nas zonas consideradas aptas ao desenvolvimento da doença, mas que estas somente poderão desenvolver focos de fasciolose se constatada a presença de hospedeiros intermediários, conforme observado em alguns municípios localizados nas regiões Norte, Noroeste e Serrana, o que evidencia ainda mais a importância da análise dos dados de coleta de material biológico juntamente com os dados climatológicos e ambientais.

Assim, verificou-se que nos mapas gerados pelo zoneamento, as maiores médias de prevalências foram registradas nos municípios localizados na região Sul do estado, fato que corrobora os estudos anteriores realizados por diversos autores, evidenciando assim, a presença do parasito e seu hospedeiro intermediário na referida região.

Em relação ao risco gerado, observou-se que somente a temperatura não pode ser considerada como um fator limitante para a distribuição e ocorrência da fasciolose no estado do Espírito Santo, uma vez que altas temperaturas regulam o regime de chuvas em determinadas regiões. Como as áreas de alto risco tenderão a diminuir ao longo dos anos, sombras de chuva poderão ser formadas em outras regiões favorecendo assim a um pequeno aumento das áreas de baixo risco no estado.

Dessa forma, medidas de controle e prevenção para a doença poderão ser direcionadas a áreas em que o risco para o desenvolvimento e as prevalências observadas foram maiores, uma vez que animais provenientes de zonas consideradas endêmicas poderão ser transportados de seus locais de origem para serem abatidos ou até mesmo alocados junto ao rebanho local, aumentando os riscos de transmissão da fasciolose entre as áreas.

6 REFERENCIAS GERAIS

ABÍLIO, F. J. P.; WATANABE, T. Ocorrência de *Lymnaea columella* (Gastropoda: Lymnaeidae), hospedeiro intermediário da *Fasciola hepatica*, para o Estado da Paraíba, Brasil. **Revista de Saúde Pública**, v. 32, n. 2, p. 185-186, 1998.

ABUNNA, F.; BEKELE, L. A. M.; REGASSA, A. Bovine fasciolosis: coprological, abattoir survey and its economic impact due to liver condemnation at Soddo municipal abattoir, Southern Ethiopia. **Tropical Animal Health and Production**, v. 42, p. 289-292, 2010.

ACHA, P.N.; SZYFRES, B. **Zoonosis y enfermedades transmissibles comunes al hombre y a los animales**. Organización Panamericana de La Salud, Washington, D. C., E.U.A., 1986. 413p.

AGUIRRE, D. H.; CAFRUNE, M. M.; SALATIN, A. O.; ABEYÁ, A. A. Fasciolosis Clínica en Cabras de Metán (Salta, Argentina). **Revista FAVE**, v. 4, p. 01-02, 2005.

ALASAAD, S.; GRANADOS, J. E.; CANO-MANUEL, F. J.; MEANA, A.; ZHU, X. Q.; PÉREZ; J. M. Epidemiology of fasciolosis affecting Iberian ibex (*Capra pyrenaica*) in southern Spain. **Parasitology Research**, v. 102, p. 751-755, 2008.

AL-JIBOURI, M. M.; AL-MAYAH, S. H.; HASSAN, H. R. The Factors Affecting Metacercarial Production of *Fasciola gigantica* From *Lymnaea auricularia* Snails. **Journal of Basrah Researches Sciences**, v. 37, n. 4., p. 09-16, 2011.

ALVES, D. P.; CARNEIRO, M. B.; MARTINS, I. V. F.; BERNARDO, C. C.; DONATELE D. M.; PEREIRA JÚNIOR, O. S.; ALMEIDA, B. R.; AVELAR, B. R.; LEÃO, A. G. C. Distribution and factors associated with *Fasciola hepatica* infection in cattle in the south of Espírito Santo State, Brazil. **Journal of Venomous Animals and Toxins including Tropical Diseases**, v. 17, n. 3, p. 271-276, 2011.

ARAÚJO, J. L. B.; GARCIA, C. A.; LINHARES, G. F. C. Ocorrência de *Fasciola hepatica*, (Linnaeus, 1758) (Trematoda, Fasciolidae), no estado de Goiás. **Revista de Patologia Tropical**, v. 24, n. 2, p. 283-289, 1995.

BAPTISTA, A. T. Quantificações das condenações em vísceras de bovinos em 2007 nos matadouros-frigoríficos do estado do Espírito Santo registrados no serviço de inspeção estadual. 2008. 14 f. Trabalho de conclusão de curso (Especialização em Higiene e Inspeção de Produtos de Origem Animal) - Universidade Castelo Branco. Disponível em: <http://www.qualittas.com.br/documentos/Quantificacoes%20das%20Condenacoes%20-%20Anderson%20Teixeira%20Baptista.pdf>> Acesso em: 08 dez. 2012.

BARRETT, R.; KUZAWA, C. W.; MCDADE, T.; ARMELAGOS, G. J. Emerging and re-emerging infectious diseases: The third epidemiologic transition. **Annual Review of Anthropology**, v. 27, p. 247-271, 1998.

BELLATO, V.; SOUZA, A. P.; SARTOR, A. A.; HAUBOLD, L. P.; VEIGA, N.; CENTENARO, F. Ocorrência de *Fasciola hepatica* na população de capivaras (*Hydrochaeris hydrochaeris*) e em bovinos (*Bos taurus*) no município de Timbó, SC. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 8, n.1, p. 66-70, 2009.

BENNEMA, S. C.; DUCHEYNE, E.; VERCRUYSSSE, J.; CLAEREBOUT, E.; HENDRICKX, G.; CHARLIER, J. Relative importance of management, meteorological and environmental factors in the spatial distribution of *Fasciola hepatica* in dairy cattle in a temperate climate zone. **International Journal for Parasitology**, v. 41, p. 225–233, 2011.

BERNARDO, C. C.; CARNEIRO, M. B.; AVELAR, B. R.; DONATELE, D. M.; MARTINS, I. V. F.; PEREIRA, M. J. S. Prevalence of liver condemnation due to bovine fasciolosis in Southern Espírito Santo: temporal distribution and economic losses. **Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária**, v. 20, n. 1, p. 49-53, 2011.

CARNEIRO, M. B.; BERNARDO, C. C.; CALAIS JÚNIOR, A.; ALVES, D. P.; PEREIRA JUNIOR, O. S.; MARTINS, I. V. F. *Fasciola hepatica* em Búfalos (*Bubalus*

bubalis) no sul do Espírito Santo. **Revista Brasileira de Medicina Veterinária**, v. 32, n. 2, p. 89-91, 2010.

CHANIE, M.; BEGASHAW, S. Assessment of the economic impact and prevalence of ovine fasciolosis in Menz Lalo Midir District, Northeast Ethiopia. **Veterinary Word**, v. 5, n. 5, p. 261-264, 2012.

CHÁVEZ, A. V.; SÁNCHEZ, L. R.; ARANA, C. D.; SUÁREZ, F. A. Resistencia a antihelmínticos y prevalencia de fasciolosis bovina em La Ganadería Lechera de Jauna, Perú. **Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú**, v. 23, n. 1, p. 90-97, 2012.

CHEN, M. G. *Fasciola hepatica* infection in China. Southeast Asian. **Journal Tropical Medicine Public Health**, v. 22, p. 356-360, 1991.

CLARKE, K. C.; MCLAFFERTY, S. L.; TEMPALSKI, B. J. On Epidemiology and Geographic Information Systems: A Review and Discussion of Future Directions. **Emerging Infectious Diseases**, v. 2, n. 2, p. 85-92, 1996.

COELHO, L. H. L.; GUIMARÃES, M. P.; LIMA, W. S. Influence of shell size of *Lymnaea columella* on infectivity and development of *Fasciola hepatica*. **Journal of Helminthology**, v. 82, n. 01, p. 77-80, 2008.

CROMLEY, E. K. Gis and disease. **Annual Review of Public Health**, v. 24, p. 07-24, 2003.

CRUZ-MENDONZA, I.; VELARDE-IBARRA, F.; QUINTERO-MARTÍNEZ, M. T.; NARANJO-GRACÍA, E.; LECUMBERRI-LÓPEZ, J.; CORREA, D. Seasonal transmission of *Fasciola hepatica* in cattle and *Lymnaea* (*Fossaria*) *humilis* snails in central Mexico. **Parasitology Research**, v.95, p. 283-286, 2005.

CUNHA, F. O. V.; MARQUES, S. M. T.; MATTOS, M. J. T. Prevalence of slaughter and liver condemnation due to *Fasciola hepatica* among sheep in the state of Rio

Grande do Sul, Brazil 2000 and 2005. **Parasitología Latinoamericana**, v. 62, p. 188-191, 2007.

DACAL, A. R. C.; COSTA, H. M. A.; LEITE, A. C. Susceptibilidade de *Lymnaea* (Pseudosuccinea) *Columella* (Say, 1817) exposta à infecção por miracídios de *Fasciola hepatica* (Linnaeus, 1758). **Revista do Instituto de Medicina Tropical de São Paulo**, v. 30, n. 5, p. 361-369, 1988.

DE WAAL, T.; RELF, V.; GOOD, B.; GRAY, J.; MURPHY, T.; FORBES, A.; MULCAHY, G. Developing models for the prediction of fasciolosis in Ireland. In: HOLDEN, N. M.; HOCHSTRASSER, T.; SCHULTE R. P. O.; WALSH, S. Making Science Work on the Farm, A Workshop on Decision Support Systems for Irish Agriculture. **Agmet**, v. 3, p. 60-63, 2007.

DURR, P. A.; TAIT, N.; LAWSON, A. B. Bayesian hierarchical modelling to enhance the epidemiological value of abattoir surveys for bovine fasciolosis. **Preventive Veterinary Medicine**, v. 71, p. 157-172, 2005.

DUTRA, L. H.; MOLENTO, M. B.; NAUMANN, C. R. C.; BIONDO, A. W.; FORTES, F. S.; SAVIO, D.; MALONE, J. B. Mapping risk of bovine fasciolosis in the south of Brazil using Geographic Information Systems. **Veterinary Parasitology**, v. 169, p. 76-81, 2010.

FARIA, R. N.; CURY, M. C.; LIMA, W.S. Prevalence and dynamics of natural infection with *Fasciola hepatica* (Linnaeus, 1758) in brazilian cattles. **Revue de Médecine Vétérinaire**, v. 156, n. 2, p. 85-86, 2005.

FOX, N. J.; MARION, G.; DAVIDSON, R. S.; WHITE, P. C. L.; HUTCHINGS, M. R. Livestock Helminths in a Changing Climate: Approaches and Restrictions to Meaningful Predictions. **Animals**, v. 2, p. 93-107, 2012.

FOX, N. J.; WHITE, P. C. L.; MCCLEAN, C. J.; MARION, G.; EVAN, A. HUTCHINGS, M. R. Predicting Impacts of Climate Change on *Fasciola hepatica* Risk. **PlosOne**, v.6, n. 1, p. 16-26, 2011.

FREITAS, D. F.; MARTINS, I. V. F.; TULER, V. O.; SANTOS, G. M. A. D. A.; SANTOS, A. R. Vulnerabilidade para a ocorrência de fasciolose na área experimental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo, IFES, Alegre, ES. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 79, n. 4, p. 533-540, 2012.

FUENTES M. V.; SAINZ-ELIPE, S.; NIETO, P. Geographical Information Systems risk assessment models for zoonotic fasciolosis in the South American Andes region. **Parassitologia**, v. 47, n. 1, p. 151-156, 2005.

FUENTES, M. V. Proposal of a Geographic Information System for modeling zoonotic fasciolosis transmission in the Andes. **Parasitología Latinoamericana**, v. 59, p. 51-55, 2004.

FUENTES, M. V. Remote sensing and climate data as a key for understanding fasciolosis transmission in the Andes: review and update of an ongoing interdisciplinary project. **Geospatial Health**, v. 1, p. 59-70, 2006.

GOMES, F. F.; FIUZA, V. R. S.; COSENDEY, R. I. J.; OLIVEIRA, F. C. R.; PAES, R. B. Identificação de focos autóctones de *Fasciola hepatica* pelo uso de ovinos traçadores (*Ovis aries*) no município de Campos dos Goytacazes, RJ. **Revista Brasileira de Medicina Veterinária**, v. 30, n. 1, p. 40-45, 2008.

GOMES, F. F.; OLIVEIRA, F. C. R.; PILE, E. A.; LOPES, C. W. G. Estabelecimento de foco de fasciolose hepática em propriedade do município de Campos dos Goytacazes no estado do Rio de Janeiro, Brasil. **Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária**, v. 22, n. 2, p. 53-56, 2002.

HARRIS, R. E.; CHARLESTON, W. A. G. Fascioliasis in New Zealand: A Review. **Veterinary Parasitology**, v. 7, p.39-49, 1980.

HATSCHBACH, P. I. A *Fasciola hepatica* e sua história. **A hora Veterinária**, Edição extra, n. 5, p. 10-11, 1995.

HOPE-CAWDERY, M. M. J.; TALUNTAIS, A. F.; LEITRIM, C. Changing temperatures and prediction models for the liver fluke (*Fasciola hepatica*). **Journal of Thermal Biology**, v. 6, p. 403-408, 1981.

HOWELL, A.; MUGISHA, L.; DAVIES, J.; LACOURSE, E. J.; CLARIDGE, J.; WILLIAMS, D. J. L.; KELLY-HOPE, L.; BETSON, M.; KABATEREINE, N. B.; STOTHARD, J. R. Bovine fasciolosis at increasing altitudes: Parasitological and malacological sampling on the slopes of Mount Elgon, Uganda. **Parasites and Vectors**, v. 5, p. 01-10, 2012.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the IPCC, 2007. Disponível em: < <http://www.ipcc.ch/ipccreports/ar4-wg1.htm>>. Acesso em: 03/08/2012.

KANTZOURA, V.; KOUAM, M. K.; DEMIRIS, N.; FEIDAS, H.; THEODOROPOULOS, G. Risk factors and geospatial modelling for the presence of *Fasciola hepatica* infection in sheep and goat farms in the Greek temperate Mediterranean environment. **Parasitology**, v.138, p. 926-938, 2011.

KAPLAN, R. M. *Fasciola hepatica*: A Review of the Economic Impact in Cattle and Considerations for Control. **Veterinary Therapeutics**, v. 2, n. 1, 2001.

KENDALL, S. R.; OLLERENSHAW, C. B. The effect of nutrition on the growth of *Fasciola hepatica* in its snail host. **Proceedings of the Nutrition Society**, v. 22, p. 41-46, 1963.

KENYON, F.; SARGISON, N.D.; SKUCE, P.J.; JACKSON F. Sheep helminth parasitic disease in south eastern Scotland arising as a possible consequence of climate change. **Veterinary Parasitology**, v. 163, p. 293-297, 2009.

KITHUKA, J. M.; MAINGI, N.; NJERUH, F.M.; OMBUI, J.N. The prevalence and economic importance of bovine fasciolosis in Kenya-an analysis of abattoir data. **Onderstepoort Journal of Veterinary Research**, v. 69, p. 255-262, 2002.

LANDIM, P. M. B. **Análise estatística de dados geológicos**. 2. ed. São Paulo: Editora UNESP, 2003. 252p.

LUTZ, A. Sobre a ocorrência de *Fasciola hepatica* no Estado do Rio de Janeiro. **Boletim do Instituto Oswaldo Cruz**, Rio de Janeiro, v. 1, n. 1, p. 9-13, 1921.

MALONE, J. B.; FEHLER, D. P.; LOYACANO, A. F.; ZUKOWSKI, S. H. Use of Landsat MSS imagery and soil type in a geographical information system to assess site specific risk of *Fasciola* on Red river basin farms in Louisiana. **Annals New York Academy Sciences**, v. 653, p. 389-397, 1992.

MARTINS, I. V. F.; AVELAR, B. R.; PEREIRA, M. J. S.; FONSECA, A. H. Application of a geographical information system approach for risk analysis of fascioliasis in southern Espírito Santo state, Brazil. **Geospatial Health**, v. 6, n. 3, p. 87-93, 2012.

MARTINS, I. V. F.; BERNARDO, C. C.; AVELAR, B. R.; ARAÚJO, I. B. B. A.; DONATELE, D. M.; NUNES, L. C. Sensibilidade e reprodutibilidade da técnica de sedimentação (Foreyt, 2005) para o diagnóstico de *Fasciola hepatica*. **Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária**, v. 17, n. 1, p.110-112, 2008.

MAS-COMA, S. Epidemiology of fascioliasis in human endemic areas. **Journal of Helminthology**, v. 79, p. 207-216, 2005.

MAS-COMA, S.; VALERO, M. A.; BARGUES, M. D. Climate change effects on trematodiasis, with emphasis on zoonotic fascioliasis and schistosomiasis. **Veterinary Parasitology**, v. 163, p. 264-280, 2009.

MAS-COMA, S.; BARGUES, M. D.; VALERO, M. A. Fascioliasis and other plant-borne trematode zoonoses. **International Journal for Parasitology**, v. 35, p.1255-1278, 2005.

MAS-COMA, S.; FUNATSU, I. R.; BARGUES, M. D. *Fasciola hepatica* and lymnaeid snails occurring at very high altitude in South America. **Parasitology**, v. 123, n. 07, p. 115-127, 2001.

MATTOS, M. J.; UENO, H.; GONÇALVES, P. C.; ALMEIDA, J. E. M. Ocorrência estacional e bioecológica de *Lymnaea columella* Say, 1817 (Mollusca, Lymnaeidae) em habitat natural no Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Medicina Veterinária**, v. 6, p. 248-250, 1997.

MAURE, E. A. P.; BUSTAMANTE, M.; SERRA-FREIRE, N. M.; GOMES, D. C. Dinâmica de *Lymnaea columella* (Say, 1817), hospedeiro intermediário de *Fasciola hepatica* (Linnaeus, 1758) em municípios do Estado de São Paulo, Brasil. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, v. 35, n. 4, p. 151-155, 1998.

MCCANN, C. M.; BAYLIS, M.; WILLIAMS, D. J. L. The development of linear regression models using environmental variables to explain the spatial distribution of *Fasciola hepatica* infection in dairy herds in England and Wales. **International Journal for Parasitology**, v. 40, p. 1021-1028, 2010.

MCKOWN, R. D.; RIDLEY, R. K. Distribution of fasciolosis in Kansas, with results of experimental snail susceptibility studies. **Veterinary Parasitology**, v. 56, p. 281-291, 1995.

MITCHELL, G. B. B. Treatment and control of liver fluke in sheep and cattle, Technical Note 557, Nov. 2004.

MORALES, M. A.; LUENGO, J.; VASQUEZ, J. Distribución y tendencia de la fasciolosis en ganado de abasto en Chile, 1989-1995. **Parasitología al día**, v. 24, n. 3, p. 115-118, 2000.

NAMIKAWA, L. M. A method for triangular grid surface fitting using breaklines. **International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing**, v.30, n. 4, p. 362-368, 1994.

NUERNBERG, S.; SERRA-FREIRE, N. M. Registro de *Fasciola hepatica* em equino de Santa Catarina, Brasil. **Ciência Agrícola**, v. 13, n. 1, p. 41-43, 1992.

OLIVEIRA, A.; NASCIMENTO, A.; SANTOS, T. A. M.; CARMO, G. M. I.; DIMECH, C. P.; ALVES, R. S.; MALASPINA, F.; GARCIA, M.; SANTOS, D. A.; AGUIAR, G. P.; ALBUQUERQUE, B. C.; CARMO E. Estudo da prevalência e fatores associados à fasciolose no município de Canutama, Estado do Amazonas, Brasil. **Epidemiologia e Serviços de Saúde**. v. 16, n. 4, p. 251-259, 2007.

OLIVEIRA, S. M.; FILHA, E. S. Divulgação Técnica: Fasciolose hepática. **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v, 71, n. 1, p. 5-7, jan.- jun., 2009.

OLLERENSHAW, C. B.; ROWLANDS, W. T. A method of forecasting the incidence of fascioliasis in Anglesey. **Veterinary Record**, v. 17, p. 591-598, 1959.

OMETTO, J. C. **Bioclimatologia vegetal**. São Paulo: Ceres, 1981. 440 p.

PARKINSON, M.; O'NEILL, S. M.; DALTON, J. P. Endemic human fasciolosis in the Bolivian Altiplano. **Epidemiology and Infection**, v. 135, n. 04, p. 669-674, 2007.

PAZ-SILVA, A.; HILLYER, G. V.; ARIAS, M. S.; SÁNCHEZ-ANDRADE, R.; PEDREIRA, J.; SUÁREZ, J. L., LOMBA, C.; DÍAZ, P.; FRANCISCO, I.; DÍEZ-BAÑOS, P.; MORRONDO, P. A Cross-Sectional Study of Fasciolosis in Autochthonous Cattle From NW Spain by Using a 2.9-kDa Recombinant Protein. **International Journal of Applied Research in Veterinary Medicine**, v. 5, n. 2, 2007.

PILE, E.; SANTOS, J. A. A.; SÃO LUÍS, J. B.; VASCONCELOS, M. C. *Fasciola hepatica* em búfalos *Bubalus bubalis* no município de Maricá, Rio de Janeiro, Brasil.

Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science, v. 38, n. 1, p. 288-289, 2001.

PREPELITCHI, L.; PIETROKOVSKY, S.; KLEIMAN, F.; RUBEL, D.; ISSIA, L.; MORIENA, R.; RACIOPPI, O.; ÁLVAREZ, J.; WISNIVESKY-COLLI, C. Population Structure and Dynamics of *Lymnaea columella* (Say, 1817) (Gastropoda: Lymnaeidae) in Wetlands of Northeastern Argentina. **Zoological Studies**, v. 50, n. 2, p. 164-176, 2011.

RAPSCH, C.; DAHINDEN, T.; HEINZMANN, D.; TORGERSON, P. R.; BRAUN, U.; DEPLAZES, P.; HURNI, L.; BAR, H.; KNUBBEN-SCHWEIZER, G. An interactive map to assess the potential spread of *Lymnaea truncatula* and the free-living stages of *Fasciola hepatica* in Switzerland. **Veterinary Parasitology**, v. 154, p. 242-249, 2008.

REY, L. Primeiro encontro de ovos de *Fasciola hepatica* em inquérito helmintológico de populações brasileiras: Campo Grande, Mato Grosso. **Revista Paulista de Medicina**, v. 53, p. 60, 1958.

ROJO-VÁZQUEZ, F. A.; MEANAB, A.; VALCÁRCEL, F.; MARTÍNEZ-VALLADARES, M. Update on trematode infections in sheep. **Veterinary Parasitology**, v. 189, p. 15-38, 2012.

SAATY, T. L. A. Scaling method for priorities in hierarchical structures. **Journal of Mathematical Psychology**, v.15, p. 234-281, 1977.

SANSON, R. L.; LIBERONA, H. & MORRIS, R. S. The use of a geographical information system in the mangement of a toot-and-mounth disease epidemic. **Preventive Veterinary Medicine**, v. 11, p. 309-313, 1991.

SANTOS, A. R.; LOUZADA, F. L. R. O.; EUGÊNIO, F. C. **ARCGIS 9.3 Total: Aplicações para dados espaciais**. Alegre, ES : CAUFES, 2010. 184 p.

SANTOS, L.; VIEIRA, T. F. Considerações sobre os sete primeiros casos de fasciolose humana encontrados no vale do Paraíba, estado de São Paulo, **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, v. 25, n. 27, p. 95-109, 1967.

SERRA-FREIRE, N. M. Fasciolose hepática. **A Hora Veterinária**, v. 1, p. 13-19, 1995.

SIANTO, L.; CHAME, M.; SILVA, C. S. P.; GONÇALVES, M. L. C.; REINHARD, K.; FUGASSA, M.; ARAÚJO, A. Animal helminths in human archaeological remains: a review of zoonoses in the past. **Revista do Instituto de Medicina Tropical de São Paulo**, v. 51, n. 3, p. 119-130, 2009.

SILVA, E. D.; SANTOS, A. R.; SILVA, K. G., Estudo morfológico e climático dos municípios da região Serrana do Estado do Espírito Santo. **Caminhos de Geografia**. 12, 94-103, 2011.

SILVA, I. C. C.; MÜLLER, G.; MATTOS, M. J. T.; CATRO, A. L. L. D.; UENO, H. Fasciolose: incidência e importância, na bovino e ovinocultura do RS. **Lavoura Arrozeira**, n.323, p.34-42, 1980.

THOMAS, A. P. The Life History of the Liver-Fluke (*Fasciola hepatica*). **QStart Journal Microbiological Science**, p.23-99, 1883.

THORNTHWAITE, C. W.; MATTER, J. R. **The water balance**. Centerton, New Jersey, Publications in Climatology, v.8, n. 1, 1955. 104 p.

TOLEDO, J. V.; MARTINS, L. D.; KLIPPEL, V. H.; PEZZOPANE, J. E. M.; TOMAZ, M. A.; AMARAL, J. F. T. Zoneamento agroclimático para a cultura do pinhão-manso (*Jatropha curcas L.*) e da mamona (*Ricinus communis L.*) no estado do Espírito Santo. **Agropecuária Científica no Semi-Árido**, v. 5, p. 41-51, 2009.

TUM, S.; PUOTINEN, M.L.; COPEMAN, D.B. A geographic information systems model for mapping risk of fasciolosis in cattle and buffaloes in Cambodia. **Veterinary Parasitology**, v. 122, p. 141–149, 2004.

UENO, H.; ARANDIA, R.; MORALES, G.; MEDINA, G. Fascioliasis of livestock and snail host for *Fasciola hepatica* in the Altiplano Region of Bolivia. **National Institute of Animal Health Quarterly**, v. 15, n. 2, p. 61-67, 1975.

UENO, H.; GUTIERRES, V. C.; DE MATTOS, M. J. T.; MULLER, G. Fascioliasis problems in ruminants in Rio Grande do Sul, Brazil. **Veterinary Parasitology**, v. 11, p. 185-191, 1982.

UETA, M. T. Alguns aspectos da biologia de *Lymnaea columella* Say, 1817 (Gastropoda, Pulmonata). **Revista de Saúde Pública**, v. 10, p. 355- 366, 1976.

VALERO, M. A.; PEREZ-CRESPO, I.; KHOUBBANE, M.; ARTIGAS, P.; PANOVA, M.; ORTIZ, P.; MACO, V.; ESPINOZA, V.; MAS-COMA, S. *Fasciola hepatica* phenotypic characterization in Andean human endemic areas: Valley versus altiplanic patterns analysed in liver flukes from sheep from Cajamarca and Mantaro, Peru. **Infection, Genetics and Evolution**, v. 12, p. 403-410, 2012.

VAN DIJK, J.; DAVID, G.P.; BAIRD, G.; MORGAN, E.R. Back to the future: Developing hypotheses on the effects of climate change on ovine parasitic gastroenteritis from historical data. **Veterinary Parasitology**, v. 158, p.73-84, 2008.

VIANELLO, R. L.; ALVES, A. R. **Meteorologia Básica e Aplicações**. Viçosa, UFV, Editora UFV – Universidade Federal de Viçosa, 2004. 450 p.

WALKER, S. M.; JOHNSTON, C.; HOEY, E. M.; FAIRWEATHER, I.; ORGSTEDE, F. B.; GAASENBEEK, C.; PRODÖHL, P. A .; TRUDGETT, A. Population dynamics of the liver fluke, *Fasciola hepatica* : the effect of time and spatial separation on the genetic diversity of fluke populations in the Netherlands. **Parasitology**, v.138, p. 215-223, 2011.

WALKER, S. M.; MAKUNDI, A. E. NAMUBA, F. V.; KASSUKU A. A.; KEYYU, J.; HOEY, E. M.; PRÖDOHL, P.; STOTHARD, J. R.; TRUDGETT, A. The distribution

of *Fasciola hepatica* and *Fasciola gigantica* within southern Tanzania- constraints associated with the intermediate host. **Parasitology**, v. 135, n. 04, p. 495-503, 2008.

YILMA, J. M.; MALONE, J. B. A geographic information system forecast model for strategic control of fasciolosis in Ethiopia. **Veterinary Parasitology**, v. 78, p. 103-127, 1998.

ZUKOWSK, S. H.; WILKERSON, G. W.; MALONE, J. B. Fasciolosis in cattle in Louisiana. II. Development of a system to use soil maps in a geographic information system to estimate disease risk on Louisiana coastal marsh rangeland. **Veterinary Parasitology**, v. 47, p. 51-65, 1993.

7 ANEXOS

ANEXO 1 MÉDIAS DAS TEMPERATURAS DE UMA SÉRIE TEMPORAL DE 30 ANOS

ID	Órgão	Municípios	Altitude (metros)	X*	Y*	Temperatura (°C)	Precipitação (mm)	ETP* (mm)	ETR* (mm)	DEF* (mm)	EXC* (mm)	ETR/ ETP
1	ANA	PEDRO CANÁRIO	66	-40,0	-18,3	24,8	1037,0	1382,3	1037,0	345,3	0,0	0,8
2	ANA	CONÇEIÇÃO DA BARRA	3	-39,8	-18,6	25,1	1164,7	1413,2	1164,7	248,5	0,0	0,8
3	ANA	SÃO MATEUS	6	-39,8	-19,0	25,0	1394,9	1397,8	1298,5	99,3	96,4	0,9
4	ANA	AGUIA BRANCA	180	-40,8	-19,0	24,5	1250,8	1341,7	1151,7	190,0	99,1	0,9
5	ANA	SÃO MATEUS	90	-40,1	-18,5	24,7	1127,7	1367,4	1127,7	239,7	0,0	0,8
6	ANA	BARRA DE SÃO FRANCISCO	192	-40,9	-18,8	24,6	1097,6	1355,2	1049,7	305,5	47,9	0,8
7	ANA	AGUA DOCE DO NORTE	280	-41,0	-18,6	24,1	1217,0	1289,0	1111,8	177,2	105,2	0,9
8	ANA	JAGUARÉ	60	-40,0	-19,0	24,8	1610,7	1369,2	1291,0	78,1	319,6	0,9
9	ANA	ECOPORANGA	190	-40,9	-18,1	24,8	1089,3	1379,4	1089,3	290,1	0,0	0,8
10	ANA	NOVA VENÉCIA	300	-40,7	-18,8	23,7	1197,1	1232,8	1066,8	166,0	130,3	0,9
11	ANA	ECOPORANGA	200	-40,7	-18,2	24,5	1104,8	1345,3	1084,7	260,6	20,1	0,8
12	ANA	MONTANHA	96	-40,1	-18,2	24,8	1123,2	1379,1	1123,2	255,9	0,0	0,8
13	ANA	ECOPORANGA	300	-40,8	-18,4	23,9	1333,0	1261,3	1162,0	99,3	171,0	0,9
14	ANA	ECOPORANGA	400	-40,6	-18,2	23,1	1121,7	1162,7	1035,0	127,7	86,6	0,9
15	ANA	NOVA VENÉCIA	96	-40,5	-18,5	25,0	1130,2	1408,4	1129,3	279,1	0,9	0,8
16	ANA	PINHEIROS	100	-40,4	-18,3	25,0	1150,0	1403,7	1134,0	269,7	16,0	0,8
17	ANA	NOVA VENÉCIA	80	-40,4	-18,7	25,0	1051,9	1415,4	1051,9	363,5	0,0	0,7
18	ANA	BOA ESPERANÇA	100	-40,3	-18,6	24,9	1098,8	1386,1	1082,8	303,3	16,0	0,8

Continua...

Continua...

19	ANA	MANTENÓPOLIS	900	-41,1	-18,9	19,8	993,2	912,6	804,5	108,1	188,7	0,9
20	ANA	AGUA DOCE DO NORTE	500	-41,0	-18,4	22,7	1210,9	1126,5	1020,6	105,9	190,2	0,9
21	ANA	LINHARES	3	-39,8	-19,6	24,9	1196,9	1383,6	1197,1	186,5	0,0	0,9
22	ANA	ITARANA	165	-40,9	-19,9	24,5	1145,9	1342,0	1055,3	286,7	90,6	0,8
23	ANA	SANTA TEREZA	149	-40,7	-19,8	24,5	1082,1	1336,8	1031,3	305,5	50,8	0,8
24	ANA	ARACRUZ	5	-40,2	-20,0	25,0	1261,0	1414,0	1230,4	183,6	30,5	0,9
25	ANA	JOÃO NEIVA	50	-40,4	-19,7	25,0	1356,8	1407,2	1250,8	156,4	106,0	0,9
26	ANA	COLATINA	40	-40,6	-19,5	25,3	1072,9	1453,7	1072,9	380,8	0,0	0,7
27	ANA	FUNDÃO	50	-40,4	-19,9	24,9	1519,7	1398,5	1332,0	66,6	187,7	1,0
28	ANA	PANCAS	135	-40,9	-19,2	24,9	1188,2	1392,0	1116,0	276,1	72,2	0,8
29	ANA	SANTA TEREZA	675	-40,6	-20,0	20,7	1864,2	964,4	964,4	0,0	899,9	1,0
30	ANA	ITAGUAÇU	70	-40,8	-19,7	25,2	1122,8	1445,4	1088,3	357,1	34,5	0,8
31	ANA	GOVERNADOR LINDEMBERG	170	-40,6	-19,2	24,4	1170,3	1324,2	1066,9	257,3	103,5	0,8
32	ANA	SÃO DOMINGOS DO NORTE	70	-40,5	-19,1	25,1	1174,6	1423,9	1113,9	309,9	60,6	0,8
33	ANA	SANTA TEREZA	690	-40,7	-20,0	20,7	1144,9	968,1	895,2	72,9	249,6	0,9
34	ANA	ARACRUZ	58	-40,3	-19,8	24,8	1345,4	1377,5	1233,7	143,8	111,7	0,9
35	ANA	ARACRUZ	50	-40,2	-19,6	24,9	1219,9	1385,1	1193,2	191,9	26,7	0,9
36	ANA	RIO BANANAL	95	-40,3	-19,3	24,7	1218,3	1364,5	1143,0	221,5	75,3	0,8
37	ANA	GOVERNADOR LINDEMBERG	80	-40,5	-19,3	25,0	1279,2	1404,4	1151,2	253,2	128,0	0,8
38	ANA	BAIXO GUANDU	70	-41,0	-19,5	25,4	895,8	1475,1	895,8	579,3	0,0	0,6
39	ANA	LARANJA DA TERRA	250	-41,1	-19,9	24,1	1068,3	1283,6	994,6	289,0	73,7	0,8
40	ANA	BAIXO GUANDU	160	-41,0	-19,7	24,7	925,0	1371,6	925,0	446,6	0,0	0,7

Continua...

Continua...

41	ANA	ALTO RIO NOVO	600	-41,0	-19,1	21,8	870,4	1049,4	850,8	198,6	19,5	0,8
42	ANA	VIANA	80	-40,5	-20,4	24,7	1292,1	1362,8	1253,8	109,0	38,4	0,9
43	ANA	SERRA	70	-40,3	-20,2	24,7	1390,8	1359,7	1284,5	75,1	106,2	0,9
44	ANA	GUARAPARI	6	-40,5	-20,7	25,2	1297,4	1436,1	1276,7	159,4	20,6	0,9
45	ANA	ICONHA	25	-40,8	-20,8	25,3	1601,3	1453,6	1395,9	57,7	205,4	1,0
46	ANA	ITAPEMIRIM	40	-41,0	-21,0	25,2	1146,6	1446,9	1146,6	300,3	0,0	0,8
47	ANA	SANTA MARIA DE JETIBÁ	710	-40,7	-20,0	20,6	1259,5	957,7	928,2	29,6	331,3	1,0
48	ANA	SANTA MARIA DE JETIBÁ	940	-41,0	-20,1	19,2	1256,6	874,9	849,9	25,0	406,7	1,0
49	ANA	ANCHIETA	6	-40,7	-20,8	25,3	1142,4	1451,1	1142,6	308,5	0,0	0,8
50	ANA	SANTA LEOPOLDINA	160	-40,5	-20,1	24,2	1485,9	1300,3	1269,2	31,1	216,7	1,0
51	ANA	ALFREDO CHAVES	515	-40,8	-20,6	21,9	1703,7	1053,8	1053,4	0,4	650,3	1,0
52	ANA	MARECHAL FLORIANO	544	-40,7	-20,4	21,6	1600,8	1031,2	1031,2	0,0	569,6	1,0
53	ANA	RIO NOVO DO SUL	80	-40,9	-20,9	24,9	1385,1	1404,0	1279,3	124,7	105,8	0,9
54	ANA	CARIACICA	200	-40,5	-20,3	23,9	1501,9	1254,9	1234,3	20,6	267,5	1,0
55	ANA	DOMINGOS MARTINS	640	-40,8	-20,3	21,1	1245,1	989,6	967,1	22,5	278,0	1,0
56	ANA	ICONHA	265	-40,9	-20,7	23,6	1616,3	1228,5	1220,1	8,4	396,2	1,0
57	ANA	SANTA MARIA DE JETIBÁ	410	-40,6	-20,1	22,6	1387,0	1113,3	1107,5	5,9	279,5	1,0
58	ANA	VILA VELHA	3	-40,4	-20,5	25,1	1168,0	1424,1	1168,0	256,1	0,0	0,8
59	ANA	DOMINGOS MARTINS	804	-40,9	-20,3	20,0	1187,4	923,1	895,6	27,5	291,8	1,0
60	ANA	ATÍLIO VIVACQUA	76	-41,2	-20,9	25,2	1105,6	1442,2	1105,6	336,6	0,0	0,8

Continua...

Continua...

61	ANA	GUAÇUI	576	-41,7	-20,8	22,1	1555,7	1077,7	1035,5	42,2	520,2	1,0
62	ANA	CASTELO	107	-41,2	-20,6	25,0	1316,1	1418,8	1243,3	175,4	72,8	0,9
63	ANA	ALEGRE	127	-41,5	-20,8	25,1	1392,2	1428,5	1262,8	165,7	129,4	0,9
64	ANA	VARGEM ALTA	580	-41,0	-20,7	21,6	1606,3	1029,2	1028,6	0,6	577,7	1,0
65	ANA	CONCEIÇÃO DO CASTELO	600	-41,2	-20,4	21,7	1391,6	1039,6	1010,9	28,6	380,7	1,0
66	ANA	IÚNA	615	-41,5	-20,4	21,8	1219,6	1052,4	954,5	97,9	265,1	0,9
67	ANA	DORES DO RIO PRETO	772	-41,9	-20,7	20,9	1439,2	983,6	957,4	26,3	481,9	1,0
68	ANA	MUQUI	600	-41,4	-20,9	21,7	1329,2	1039,8	1015,1	24,7	314,1	1,0
69	ANA	IBITIRAMA	794	-41,7	-20,5	20,6	1620,5	964,7	948,1	16,6	672,4	1,0
70	ANA	IRUPI	920	-41,7	-20,3	19,8	1523,3	914,7	879,7	35,1	643,6	1,0
71	ANA	MUNIZ FREIRE	580	-41,4	-20,4	22,0	1398,3	1063,0	1011,5	51,4	386,7	1,0
72	ANA	MUNIZ FREIRE	380	-41,5	-20,5	23,4	1384,0	1204,1	1125,7	78,4	258,3	0,9
73	ANA	DOMINGOS MARTINS	1075	-41,1	-20,4	18,2	1361,9	830,6	810,8	19,8	551,1	1,0
74	ANA	CACHOEIRO DE ITAPEMIRIM	180	-41,4	-20,7	24,6	1748,0	1359,4	1313,6	45,8	434,4	1,0
75	ANA	AFONSO CLÁUDIO	300	-41,1	-20,1	23,7	1112,7	1241,6	984,1	257,5	128,6	0,8
76	ANA	ITAPEMIRIM	4	-40,8	-21,0	25,4	1037,1	1470,7	1037,1	433,6	0,0	0,7
77	ANA	MIMOSO DO SUL	59	-41,5	-21,2	25,4	1118,5	1487,8	1118,5	369,2	0,0	0,8
78	ANA	MIMOSO DO SUL	67	-41,4	-21,1	25,3	1380,5	1469,5	1263,0	206,5	117,5	0,9
79	ANA	SÃO JOSÉ DO CALÇADO	150	-41,7	-21,0	25,0	1355,3	1417,4	1216,1	201,3	139,3	0,9
80	ANA	MIMOSÓ DO SUL	120	-41,2	-21,1	24,9	1447,5	1394,3	1308,7	85,7	138,8	0,9

Continua...

Continua...

81	INCAPER	ALEGRE	138	-41,5	-20,8	24,4	1292,1	1322,4	1154,1	168,3	138,0	0,9
82	INCAPER	ALFREDO CHAVES	35	-40,7	-20,6	24,9	1554,3	1391,8	1358,5	33,3	195,8	1,0
83	INCAPER	DOMINGOS MARTINS	950	-41,1	-20,4	18,8	1380,9	860,4	838,9	21,5	542,1	1,0
84	INCAPER	ECOPORANGA	250	-40,8	-18,4	24,6	1350,2	1343,4	1209,7	133,7	140,4	0,9
85	INCAPER	FAZ. EXP. VENDA NOVA	727	-41,2	-20,4	20,6	1494,1	960,4	942,1	18,3	552,0	1,0
86	INCAPER	ITARANA	245	-40,9	-19,9	24,8	1124,3	1383,4	1063,1	320,3	61,1	0,8
87	INMET	LINHARES	28	-40,1	-19,4	24,7	1293,1	1358,1	1214,0	144,1	79,1	0,9
88	INCAPER	MARILÂNDIA	104	-40,5	-19,4	24,9	1132,0	1398,7	1112,9	285,8	19,1	0,8
89	INCAPER	MUNIZ FREIRE	575	-41,4	-20,5	22,6	1366,8	1117,1	1059,4	57,7	307,4	0,9
90	INCAPER	SANTA TEREZA	648	-40,6	-19,9	20,5	1478,9	954,3	953,1	1,2	525,8	1,0
91	INCAPER	SÃO GABRIEL DA PALHA	120	-40,5	-19,0	24,8	1185,3	1384,4	1108,5	275,9	76,8	0,8
92	INCAPER	SÃO JOÃO DE PETROPOLIS	150	-40,7	-19,8	24,5	1081,7	1331,9	1052,5	279,5	29,3	0,8
93	INMET	SÃO MATEUS	25	-39,8	-18,7	24,8	1296,1	1373,6	1257,2	116,4	38,8	0,9
94	INMET	VITÓRIA	36	-40,3	-20,3	25,0	1346,9	1408,7	1277,5	131,2	69,4	0,9
95	ANA	MINAS GERAIS	146	-40,8	-17,7	24,4	1019,3	1320,2	1019,3	300,9	0,0	0,8
96	ANA	MINAS GERAIS	92	-40,4	-17,8	24,6	968,6	1345,2	968,6	376,6	0,0	0,7
97	ANA	MINAS GERAIS	360	-41,2	-18,7	22,9	970,8	1139,3	889,9	249,4	80,9	0,8
98	ANA	MINAS GERAIS	210	-41,3	-18,2	23,9	1037,6	1256,6	983,1	273,5	54,5	0,8
99	ANA	MINAS GERAIS	250	-41,1	-18,1	24,0	1158,2	1261,6	1076,2	185,4	82,0	0,9
100	ANA	MINAS GERAIS	260	-41,3	-18,8	23,7	974,5	1229,2	909,8	319,4	64,7	0,7

Continua...

Continua...

101	ANA	MINAS GERAIS	130	-41,3	-19,3	23,8	1055,5	1252,8	955,1	297,7	100,5	0,8
102	ANA	MINAS GERAIS	115	-41,2	-19,5	23,8	1001,5	1253,6	950,4	303,1	51,1	0,8
103	ANA	MINAS GERAIS	250	-41,4	-19,8	22,4	1121,0	1097,6	924,5	173,1	196,5	0,8
104	ANA	MINAS GERAIS	747	-41,9	-20,7	19,9	1311,6	915,9	882,9	33,1	428,7	1,0
105	ANA	MINAS GERAIS	458	-41,7	-20,1	21,7	1255,2	1043,2	926,1	117,1	329,1	0,9
106	ANA	MINAS GERAIS	540	-42,0	-20,2	22,3	1254,9	1091,4	931,8	159,7	323,1	0,9
107	ANA	RIO DE JANEIRO	650	-41,9	-20,9	19,8	1461,0	942,4	935,3	7,2	525,7	1,0
108	ANA	RIO DE JANEIRO	15	-41,1	-21,5	23,5	847,5	1279,8	850,1	429,7	0,0	0,7
109	ANA	RIO DE JANEIRO	20	-41,6	-21,5	23,5	936,7	1275,5	936,7	338,9	0,0	0,7
110	ANA	BAHIA	59	-39,7	-17,8	26,2	1415,2	1577,3	1415,2	162,1	0,0	0,9

* X Coordenada Longitude

* Y Coordenada Latitude

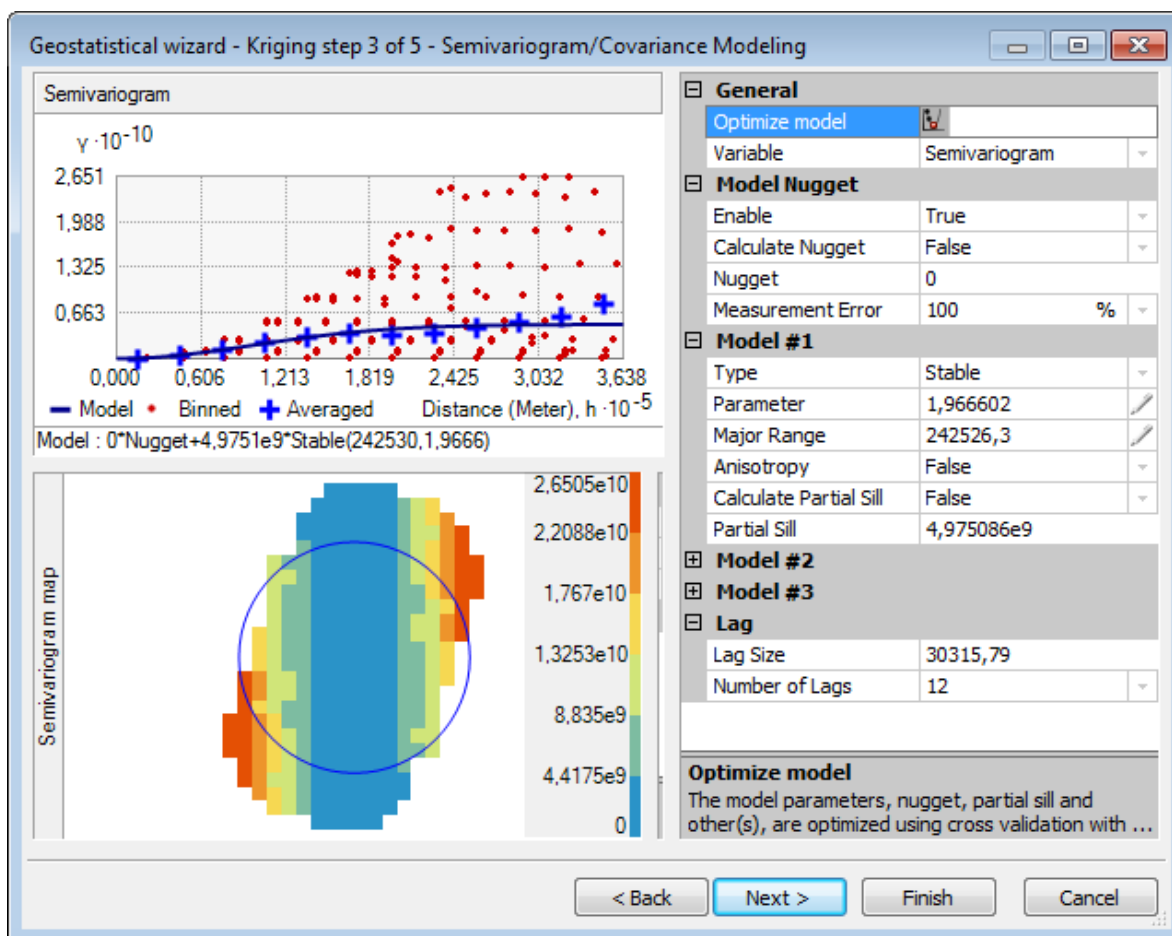
* EPT Evapotranspiração Potencial

* ETR Evapotranspiração Real

* DEF Deficiência Hídrica Anual

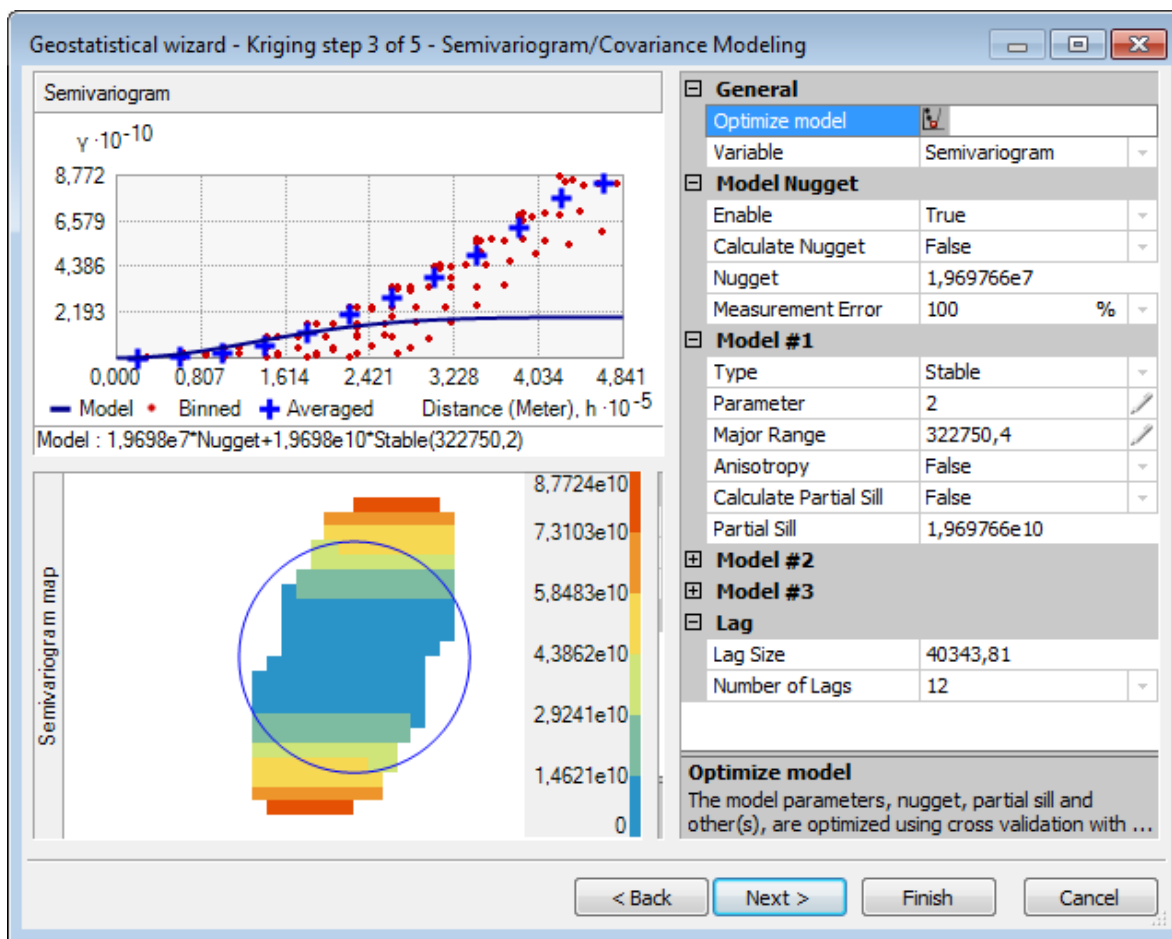
* EXC Excedente Hídrico Anual

ANEXO 2 SEMIVARIOGRAMA DA COORDENADA X



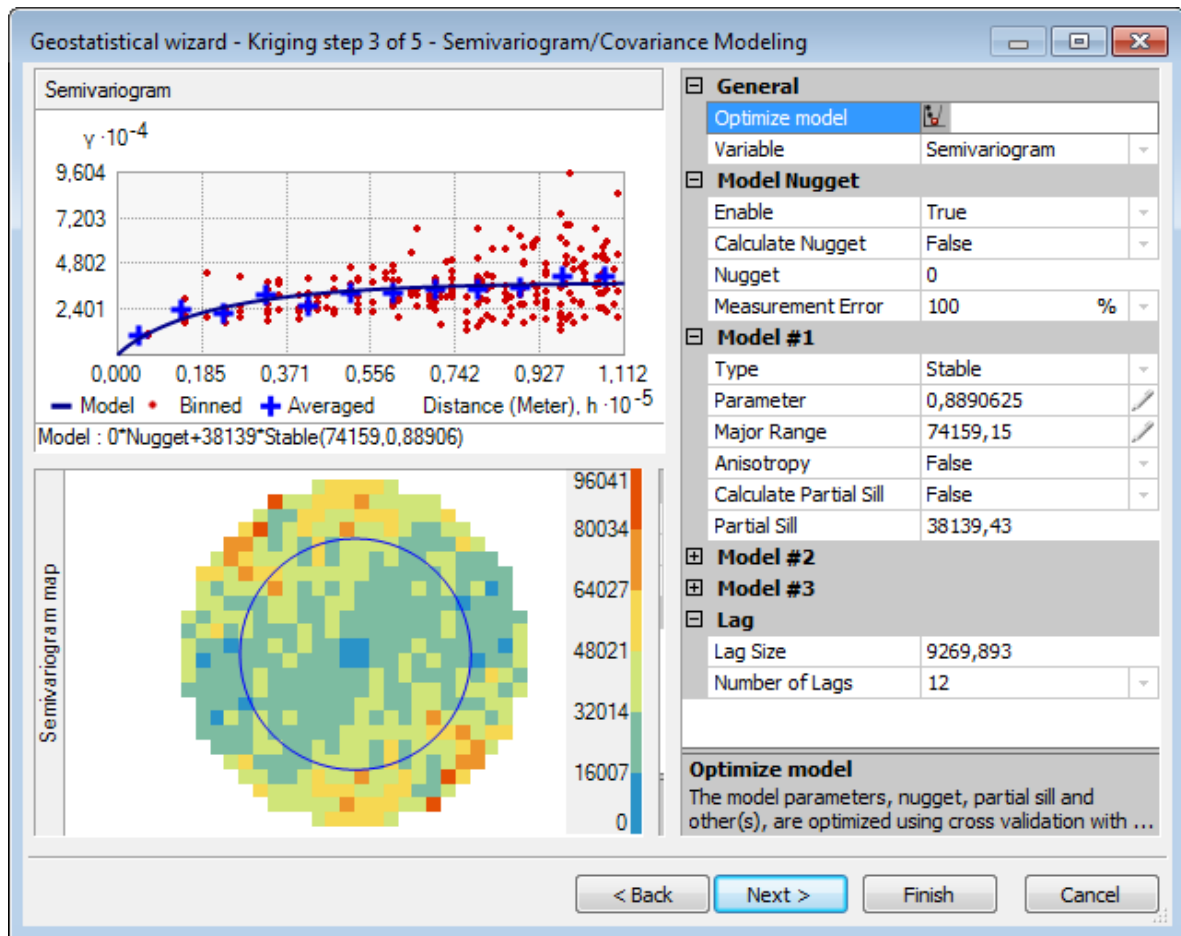
Função da regressão do semivariograma da coordenada X: $1,00092013373307 * x + -312,123510625912$

ANEXO 3 SEMIVARIOGRAMA DA COORDENADA Y



Função da regressão do semivariograma da coordenada Y: $1,00086034461053 * x + -6694,32796328235$

ANEXO 4 SEMIVARIOGRAMA DA PRECIPITAÇÃO P



Função da regressão do semivariograma da precipitação P: $0,596395305195282 * x + 512,070854398575$

ANEXO 5 DERIVAÇÃO DOS PESOS SEGUNDO O MÉTODO AHP (SAATY, 1977).

WEIGHT - AHP weight derivation

Pairwise Comparison 9 Point Continuous Rating Scale

1/9	1/7	1/5	1/3	1	3	5	7	9
extremely	very strongly	strongly	moderately	equally	moderately	strongly	very strongly	extremely
Less Important					More Important			

Pairwise comparison file to be saved : ...

	h87tm5	h87tm4	h87tm3
h87tm5	1		
h87tm4	3	1	
h87tm3	5	3	1

OK Close Help

Vetor dos pesos:

T: 0.1047

P: 0.2583

DEC: 0.6370

Razão de consistência = 0.03