

WELLINGTON PAULO DA SILVA OLIVEIRA

**LÓGICA FUZZY PARA DISCRIMINAR A RESPOSTA DE CAPRINOS A  
VERMINOSE: RESISTÊNCIA, RESILIÊNCIA E SENSIBILIDADE**

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ – UFPI  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS – CCA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS ANIMAL  
DOUTORADO EM CIÊNCIAS ANIMAL  
TERESINA - PIAUÍ

2021

WELLHINGTON PAULO DA SILVA OLIVEIRA

**LÓGICA FUZZY PARA DISCRIMINAR A RESPOSTA DE CAPRINOS A  
VERMINOSE: RESISTÊNCIA, RESILIÊNCIA E SENSIBILIDADE**

Tese submetida à Coordenação do Programa de Pós-graduação em Ciência Animal da Universidade Federal do Piauí como requisito parcial para obtenção do grau de Doutor em Ciência Animal.

**Área de Concentração:** Produção animal.

**Orientadora:** Prof.<sup>a</sup>. Dra. Adriana Mello de Araújo

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ – UFPI  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS – CCA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS ANIMAL  
DOUTORADO EM CIÊNCIAS ANIMAL  
TERESINA - PIAUÍ

2021

FICHA CATALOGRÁFICA  
Universidade Federal do Piauí  
Biblioteca Comunitária Jornalista Carlos Castello Branco  
Serviço de Processamento Técnico

C

Oliveira, Wellington Paulo da Silva

Lógica Fuzzy para discriminar a resposta de caprinos a verminose: resistência, resiliência e sensibilidade / Wellington Paulo da Silva Oliveira. Teresina, 2021.

75 f.

Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Piauí, Programa de Pós -  
Graduação em Ciência Animal, Teresina, 2021.

Orientação: Profa. Dra. Adriana Mello de Araújo – EMBRAPA.

1. Caprinocultura 2. Resistência genética 3. Lógica Fuzzy.

CDD

**LÓGICA FUZZY PARA DISCRIMINAR A RESPOSTA DE CAPRINOS A  
VERMINOSE: RESISTÊNCIA, RESILIÊNCIA E SENSIBILIDADE**

**WELLINGTON PAULO DA SILVA OLIVEIRA**

**Tese aprovada em: 31/08/2021**

**Banca Examinadora:**

*Adriana Mello*

---

**Profa. Dra. Adriana Mello de Araújo (Presidente) / EMBRAPA**

*Natanael P. de Santos*

---

**Prof. Dr. Natanael Pereira da Silva Santos (Interno) / DZO/CCA/UFPI**

*Max Brandão de Oliveira*

---

**Prof. Dr. Max Brandão de Oliveira (Interno) / CCN/UFPI**

*Gleyson Vieira dos Santos*

---

**Prof. Dr. Gleyson Vieira dos Santos (Externo) / CPCE/UFPI**

*Daniel Biagiotti*

---

**Prof. Dr. Daniel Biagiotti (Interno) / CTBJ/UFPI**

*Tânia Maria Leal*

---

**Pesquisadora Dra. Tânia Maria Leal (Externa) / EMBRAPA**

Aos meus pais, (*in memoriam*) José de Oliveira e Maria do Carmo da Silva Oliveira, aos meus irmãos, a minha esposa Pauléria de Sousa Melo Oliveira, aos meus filhos: Wercylei Paulo, Wercylaine Paula e Wellhington Filho, as minhas noras Denise Cristine e Ana Vitoria, aos meus netos: Felipe Oliveira, Igor Oliveira e Maria Beatriz Oliveira, esta, certa vez, inocentemente, indagou-me, “Vô, por que ainda estudar, se o Sr. já é Professor e sabe tudo”? A todos, com muito carinho, incentivo e apoio incondicional, não mediram esforços para que eu chegasse até esta etapa de minha vida.

Dedico e ofereço.

## AGRADECIMENTOS

Ao grande Arquiteto do Universo, DEUS, que me criou e me deu criatividade neste momento. Base fundamental de tudo, pois sem ele nada seria possível.

A Universidade Federal do Piauí, através do Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal e em especial ao Departamento de Planejamento e Política Agrícola pela liberação para realização deste curso.

A Profa. e Doutora Adriana Mello de Araújo, mesmo distante (Mato Grosso do Sul), aceitou o desafio de me orientar, pois além das orientações, nos momentos mais difíceis dizia "você não vai desistir". Confesso, é uma iluminada e privilegiada que possui em seu DNA os genes da paciência e dedicação orientais, tão úteis na formação heurística de novos conhecimentos.

Ao Professor Dr. José Elivalto Guimarães Campelo, pelos ensinamentos que me fizeram crescer, acreditar, querer mudar e ir em frente.

Aos Professores, Doutores e amigos Max Brandão Oliveira e Natanael Pereira da Silva Santos, agradeço-os de coração.

Ao Professor Dr. Marcos Davi, pelo estímulo, espírito de garra e de luta, sempre dizia, vamos, não desista você vencerá, o meu mais sincero agradecimento.

Ao colega Professor do DPPA, Dr. Almir Bezerra Lima pelo apoio e espírito evolucionista.

Ao colega Professor do Departamento de Fitotecnia, Dr. Francisco Rodrigues Leal, pelo apoio e espírito companheirismo.

Ao colega de curso, Dr. Amauri Felipe, mesmo distante em Curitiba - PR, mostrou ser grande amigo, apoiando na interpretação das tabelas e Figuras.

Aos colegas (*In memoriam*), Drs. Hélio Lima Santos e Fábio Coelho Gomes Nóbrega que nos deixaram prematuramente, saudades!

A minha família, pelo incentivo e apoio em acreditar em mim.

A secretária, Sra. Solange Ibiapina e ao servidor terceirizado Sr. Francisco Saraiva de Sousa Filho, ambos do DPPA, pelas amizades e prestezas.

A todos os terceirizados do NUPLAN, a Sra. Marizeth carinhosamente chamada por mim de "Trombadinha" e aos Senhores Antônio e Cláudio, pessoas simples e de corações bondosos. A todos os meus mais sinceros agradecimentos. *OBRIGADO*.

LUTEI, APANHEI. SOFRI, SUPORTEI.  
ABANDONEI, VOLTEI. PERSISTI,  
CULTIVEI, COLHI. HOJE SOU UM  
VENCEDOR.

**Wellington Oliveira**

## **LÓGICA FUZZY PARA DISCRIMINAR A RESPOSTA DE CAPRINOS A VERMINOSE: RESISTÊNCIA, RESILIÊNCIA E SENSIBILIDADE**

### **RESUMO**

A as infecções por nematoides gastrintestinais provocam prejuízos aos produtores de caprinos e a utilização de anti-helmínticos é o método de controle preferido pelos criadores, no entanto, porém, seu uso sem orientação tem levado os nematoides a desenvolver multirresistência, então como opção de solução para esse problema surge a seleção de animais resistente aos parasitas, entretanto há a dificuldade para quantificar níveis de resistência dos animais, com esse estudo objetivou-se analisar a resposta de caprinos a infecção por verminose em rebanho Experimental, recorrendo-se lógica de programação Fuzzy e informações de OPG (ovos por grama de fezes), (escore da condição corporal), ECC, e escore FAMACHA. No período de 2009 a 2019 ocorreram em média 8 coletas de dados ao longo do ano, realizadas sempre antes das aplicações de vermífugos no rebanho ou pelo menos 40 dias depois em cabras de segundo e terceiro ordem de parto. Após a edição, o banco de dados ficou com 3.839 registros dessas características, mensuradas em 323 fêmeas em idade reprodutiva filhas de 32 reprodutores. A resposta de cabras a verminose é abordada nessa pesquisa com uso de algoritmo de inteligência artificial para a obtenção de uma característica denominada de resistência a verminose, (RV), pela combinação de dados de OPG, ECC e Famacha em valores com variação de zero a dez, que pelo software CAPRIOVI num valor de referência (RV), para identificação de animais com fenótipos de Resistencia, Resiliência ou Sensibilidade a verminose. Os dados foram submetidos a uma rotina do software CAPRIOVI que utiliza logica Fuzzy para indicar a necessidade ou não de tratar cada animal. O software combinou essas características em um único número para cada animal em cada data de coleta, que foi incorporado ao banco de dados como uma nova característica (RV), e emitiu também relatório de vermifugação com a distribuição das cabras em três grupos: G1 - Não tratar; G2 - Manter em observação e G3 – Tratar. Esses grupos foram considerados correspondo, respectivamente, às classes: - animais Resistente, e Resiliente e Sensível ao endoparasitíssimo. A caprinocultura no Brasil é uma das atividades mais exercidas no âmbito da agropecuária, por essa razão é das mais importantes cadeias produtivas do país. No entanto, infecções de animais por parasitas tornaram-se um sério problema neste setor, trazendo diversos prejuízos. Os prejuízos vão desde as perdas econômicas devido ao custo com o tratamento de animais clinicamente doentes, até a redução de ganho de peso, descarte precoce de animais e mortalidade. Então, os trabalhos atuais da literatura passaram a desenvolver,



validar e utilizar ferramentas de controle estratégicos a parasitas e verminoses. Os resultados mostraram que os recursos utilizados pelos métodos da lógica Fuzzy e agrupamento multivariado aparentemente se mostraram eficiente. A lógica *Fuzzy* apresentou o menor percentual de acerto global, ou seja, o menor percentual de coincidência de alocação dos animais nos grupos, resistente, resiliente ou sensível, por outro lado, o maior percentual foi dado pelo método de agrupamento multivariado. No entanto, a lógica *Fuzzy* mostrou-se o método mais indicado para estudo da resposta dos animais ao parasitismo. Ademais, este método permitiu-se distinguir melhor os animais aos níveis de classificação da característica resistência a verminoses.

**Palavras-chave:** Caprinocultura. Agrupamento. Análise multivariada. Resistência a verminose.

## **FUZZY LOGIC TO DISCRIMINATE THE RESPONSE OF GOATS TO VERMINOSIS: RESISTANCE, RESILIENCE AND SENSITIVITY**

### **ABSTRACT**

Gastrointestinal nematode infections cause harm to goat producers and the use of anthelmintics is the preferred control method by breeders, however, their use without guidance has led nematodes to develop multi-resistance, then as a solution option for this problem arises the selection of animals resistant to parasites, however there is the difficulty to quantify levels of resistance of animals, with this study aimed to analyze the response of goats to worm infection in Experimental herd, using Fuzzy programming logic and information on OPG (eggs per gram of feces), (body condition score), ECC, and FAMACHA score. In the period from 2009 to 2019, there were an average of 8 data collections throughout the year, always carried out before the application of dewormers in the herd or at least 40 days later in second and third calving order goats. After editing, the database had 3,839 records of these characteristics, measured in 323 females of reproductive age, daughters of 32 sires. The response of goats to worm is addressed in this research using an artificial intelligence algorithm to obtain a characteristic called resistance to worm, (RV), by combining OPG, ECC and Famacha data in values ranging from zero to ten, that by the CAPRIOVI software a reference value (RV), for the identification of animals with phenotypes of Resistance, Resilience or Sensitivity to verminosis. Data were submitted to a CAPRIOVI software routine that uses Fuzzy logic to indicate the need or not to treat each animal. The software combined these characteristics into a single number for each animal on each collection date, which was incorporated into the database as a new characteristic (RV), and also issued a deworming report with the distribution of goats into three groups: G1 - Not to treat; G2 - Keep under observation and G3 - Treat. These groups were considered to correspond, respectively, to the following classes: - Resistant, and Resilient and Sensitive to endoparasitic animals. Goat farming in Brazil is one of the most exercised activities in the field of agriculture, for this reason it is one of the most important production chains in the country. However, animal infections by parasites have become a serious problem in this sector, bringing many losses. The losses range from economic losses due to the cost of treating clinically ill animals, to reduced weight gain, early disposal of animals and mortality. So, the current works in the literature started to develop, validate and use strategic control tools for parasites and worms.

The results showed that the resources used by the Fuzzy logic and multivariate clustering methods apparently proved to be efficient. Fuzzy logic showed the lowest percentage of overall hit, that is, the lowest percentage of coincidence in the allocation of animals in the resistant, resilient or sensitive groups, on the other hand, the highest percentage was given by the multivariate grouping method. However, Fuzzy logic proved to be the most suitable method for studying the response of animals to parasitism. Furthermore, this method allowed to better distinguish the animals at the levels of classification of the characteristic resistance to worms.

**Key words:** Caprinoculture. Grouping. Multivariate analysis. Resistance to verminose.

## LISTA DE FIGURA

**CAPÍTULO 1 - Consistência dos níveis de Resistencia a Verminose por meio de Agrupamentos Multivariados com (reamostragem) em Caprinos**

- Figura 1** - Dendrograma gerado com o método de agrupamento variante Ward D1.....42
- Figura 2** - Dendrograma gerado com o método de agrupamento variante Ward D2.....43
- Figura 3** - Dendrograma gerado segundo o método de agrupamento Average.....43
- Figura 4** - K-medias (Observe que 1 – Resistente; 2 – Sensível; 3 – Resiliente).....43
- Figura 5** - Dendrograma da análise de agrupamento obtido com o algoritmo “Average com base na distância generalizada de Euclidiana.....44
- Figura 6** - Dendrograma resultante da análise de agrupamento obtido com o algoritmo “Average” com base na distância generalizada de Mahalanobis.....44
- Figura 7** - Dispersão resultante da análise de agrupamento obtido com o algoritmo “k-means” (1 – Sensível; 2 – Resiliente; 3 – Resistente).....45

## LISTA DE TABELA

### CAPÍTULO 1 - Consistência dos níveis de Resistencia a Verminose por meio de Agrupamentos Multivariados com (reamostragem) em Caprinos

**Tabela 1** - Número de indivíduos segundo os diferentes métodos de agrupamento e análise discriminante dos grupos da característica resistência a verminose em caprinos da raça Anglonubiana.....47

**Tabela 2** - Estatística descritiva das características ovos por grama de fezes (OPG), escore da condição corporal (ECC) e FAMACHA© em função da classificação para a característica resistência à verminose (RV) com algoritmo de agrupamento não hierárquico em caprinos da raça Anglonubiana.....48

**Tabela 3** - Coeficientes de correlação cofenética e número de grupos sugeridos em função do algoritmo de agrupamento com diferentes matrizes de distâncias para classificação da característica resistência a verminose em caprinos.....48

**Tabela 4** - Análise discriminante segundo os diferentes algoritmos de agrupamentos hierárquicos e não hierárquico para classificação da resistência a verminose (RV) em caprinos da raça Anglonubiana.....49

### CAPÍTULO 2 - Poder discriminatório da Lógica *Fuzzy* para determinar a resistência a verminose em caprinos: Resistência, Resiliência e Sensibilidade

**Tabela 1** - Estatística descritiva das características ovos por grama de fezes (OPG), escore da condição corporal (ECC) e FAMACHA© em função da classificação para a característica resistência à verminose (RV) com Lógica *Fuzzy* e Análise Agrupamento Multivariado de caprinos da raça Anglonubiana.....64

**Tabela 2** - Análise discriminante segundo os diferentes algoritmos de agrupamentos hierárquicos e não hierárquico para classificação da resistência a verminose (RV) em caprinos da raça Anglonubiana.....65

**LISTA DE SIGLAS**

<b>OPG</b>	Ovos por grama de fezes
<b>ECC</b>	Escore da condição corporal
<b>FAMACH©</b>	Método Faffa Malan Chart para detecção de anemia clínica
<b>HCT</b>	Contagem de hematócrito
<b>IA</b>	Inteligência artificial
<b>SOFTWARE CAPRIOVI</b>	Software Método computacional de controles zootécnico, genético e seleção de acasalamentos de caprinos e ovinos
<b>GEMA</b>	Grupo de Estudo em Genética e Melhoramento Animal
<b>LOST</b>	Laboratório de Otimização de Software e Tecnologia
<b>SARA</b>	Socially Aware Robot Assistan

## SUMÁRIO

RESUMO.....	VIII
ABSTRACT.....	XIV
LISTA DE FIGURAS.....	X
LISTA DE TABELAS.....	XI
LISTA DE SIGLAS.....	XII
1 INTRODUÇÃO GERAL.....	14
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	17
2.1 Nematoides gastrintestinais de pequenos ruminantes.....	17
2.2 Estratégias de controle parasitário.....	18
2.3 Seleção de animais resistentes e resilientes a verminose.....	20
2.4 Indicadores de resistência a verminose.....	22
2.5 Análise de conglomerados: técnicas aglomerativas.....	24
2.6 Métodos de Identificação de Agrupamentos.....	24
2.6.1 Métodos Hierárquico.....	24
2.6.2 Métodos não hierárquico.....	25
2.7 Medidas de Similaridade e Dissimilaridade.....	26
2.7.1 Coeficiente de correlação cofenética (CCC).....	26
2.7.2 Distância Euclidiana.....	27
2.7.3 Distância Mahalanobis.....	27
2.8 Índice de Validação de Agrupamento.....	28
2.8.1 Índice de Dunn.....	28
2.8.2 Índice de Anderson Darling.....	29
2.9 Teste de Boots Trap.....	29
3 REFERÊNCIAS.....	30
4 CAPÍTULO 1.....	36
Consistência dos níveis de Resistencia a Verminose por meio de Agrupamentos Multivariados com (reamostragem) em Caprinos.....	36
Introdução.....	38
Material e métodos.....	39
Resultados.....	42
Discussão.....	50
Considerações finais.....	53

Referências.....	53
5 CAPÍTULO 2.....	58
Poder discriminatório da Lógica Fuzzy para determinar a resistência a verminose em caprinos: Resistência, Resiliência e Sensibilidade.....	58
Introdução.....	61
Material e métodos.....	62
Resultados.....	64
Discussão.....	65
Conclusão.....	68
Referências.....	69



## 1 INTRODUÇÃO GERAL

Pesquisa de controle do parasitismo gastrointestinais na caprinocultura no país não é recente. No Nordeste, onde se destaca como atividade socioeconômica, os caprinos são severamente afetados por inúmeros fatores sanitários, entre eles, a alta incidência de verminose. A criação de caprinos na região é caracterizada por práticas de manejo inadequadas, que perpassam os aspectos sanitários gerais, o que interfere sobremaneira na produtividade do rebanho, já mencionado a algumas décadas por Simplício *et al.* (1981).

A maior incidência de parasitismo gastrointestinais em caprinos tem sido justificada na literatura como sendo consequência do seu hábito alimentar, que, por preferirem forragens de porte elevado, não foram expostos a infecções parasitárias severa na domesticação, logo não desenvolveram resistência como os demais ruminantes (COSTA JUNIOR *et al.*, 2005).

As discussões sobre o controle de parasitismo por helmintos têm por princípio que a população parasitária deve ser manejada de forma a não causar problemas clínicos nos hospedeiros ou perdas na produção, mas ao mesmo tempo procura-se cada vez mais diminuir a utilização de anti-helmíntico. Nessa perspectiva segundo Oliveira *et al.*, (2014), a sociedade cada vez mais prefere produtos livres de substâncias químicas, no sistema tradicional de criação não tem dada atenção a essa prerrogativa. Uma iniciativa para viabilizar a produção de caprinos com baixa aplicação de drogas anti-helmínticas, seria via a seleção e multiplicação de animais resistentes a nematoides gastrintestinais no rebanho.

A principal consequência da utilização indiscriminada de anti-helmínticos para o controle do parasitismo gastrointestinal, é o aparecimento de resistência dos nematoides a esses produtos. Uma opção para o manejo do parasitismo gastrointestinal em caprinos e ovinos é a utilização do sistema integrado de controle parasitário, que utiliza o método Famacha<sup>®</sup> para identificar individualmente animais que são resistentes, resilientes ou suscetíveis ao *H. contortus*, em conjunto com outras práticas de gestão, como monitoramento da eficácia da droga, a rotação e descontaminação de pastagens, pastoreio com alternância de categorias, seleção genética, nutrição e fitoterapias (CEZAR *et al.*, 2008; MOLENTO *et al.*, 2009).

Como existem outras causas de anemias em pequenos ruminantes, que não se relaciona a helmintos, o que pode levar a descartes de animais resistentes. Assim, o escore Famacha<sup>®</sup> não pode ser o único indicador fenotípico para programas de seleção e melhoramento genético visando elevar a resistência à verminose. Outra característica comumente usada para indicar níveis de resistência a infecções por verminose é o exame direto do número de ovos por grama de fezes (OPG). Em termos mais gerais, muitas medidas têm sido usadas para quantificar a

variação de impactos de nematoides em hospedeiros e, apesar da dificuldade em mensurar o OPG por falta de laboratório é uma medida direta muito utilizada, porém, convém cautela, pois de acordo DAVIES (2006) é uma característica muito inconstante, apresentando grandes variações.

Os OPG são também relativamente insensível a mudanças na intensidade da infecção (BISHOP; STEAR 2000). Uma correlação genética favorável foi observada entre o OPG e taxa de crescimento em muitos estudos com valores variando de -0,1 a -0,80 (ALBERS *et al.* 1987; Bisset *et al.* 1992; Douch *et al.* 1995; Eady 1998; Bishop e Stear 1999). Isso sugere que seria simples diminuir OPG e aumento da taxa de crescimento simultaneamente.

Esta redução no OPG resultaria em uma redução na contaminação do pasto. Reduzido a contaminação da pastagem pode resultar em uma diminuição do desafio parasitário e, portanto, melhor desempenho para todos os animais que pastam subsequentemente na mesma pastagem (BISHOP; STEAR, 2003). Portanto, isso indica que uma grande parte do total resultado é um benefício epidemiológico do melhoramento genético, como aumentando a resistência do lote à exposição à infecção é diminuída.

A utilização ECC como indicador no controle de parasitas gastrointestinais tem sido justificada para situação de perda de peso que possa ser associada a variação de carga parasitária no animal (VIEIRA, 2008; HAYWARD *et al.*, 2014). O ECC é uma medida visual/tátil utilizada para averiguar a condição nutricional do animal, se baseando na cobertura de carne e gordura sobre os ossos costais (WRIGHT; RUSSEL, 1984). Assim, diferentes indicadores para a gestão da infecção parasitária (Famacha<sup>®</sup>, OPG, e ECC), tem se mostrado mais eficiente como medida de controle de nematoides gastrintestinais em ruminantes, além de mostrar animais resistentes no rebanho.

Novas opções de indicadores de gestão da verminose são necessárias para possibilitar a incorporação de automatização do controle de verminose, como a utilização do índice de resistência a verminose disponibilizado pelo software CAPRIOVI, que utiliza lógica Fuzzy para indicar a necessidade de tratar ou não cada animal ao longo do ano. A lógica Fuzzy utiliza por princípio a ideia que todas as coisas admitem graus de pertinência que indicam o quanto um determinado elemento de um universo de discurso pertence a um conjunto para definir a probabilidades de ocorrência de um evento. O evento tratado no CAPRIOVI é a necessidade de tratar ou não cada animal ao longo do ano, que recebe as seguintes opções: tratar, não tratar e ou sob atenção (BORGES, 2017).

E, com base nessas informações, mas priorizando a menor ou maior quantidade de vezes que o animal for VERMIFUGADAS num período de tempo, eles são agrupados em três classes

diferenciadas de respostas a incidência de verminose: Resistente, Resiliente e Sensível. Portanto, uma forma de maximizar controle de verminose (BORGES, 2017).

A resistência, é a capacidade que o hospedeiro tem de impedir o desenvolvimento de parasitas. Já a resiliência é a capacidade do hospedeiro mesmo infectado, ou seja, mesmo com OPG elevado eles não demonstram sinais de clínicos de infecção (COSTA *et al.*, 2011).

Embora os mecanismos envolvidos ainda não estejam bem compreendidos, a hipótese da diferença na resistência do hospedeiro relaciona-se com a seleção para melhor resposta imune contra nematoides gastrintestinais, que afetam os diferentes estágios do ciclo de vida do parasita (HOSTE; TORRES-ACOSTA, 2011).

Considerando que as infecções por nematoides gastrintestinais provocam prejuízos aos produtores de caprinos, que a utilização de anti-helmínticos é o método de controle preferido pelos criadores, no entanto, seu uso sem orientação tem levado os nematoides a desenvolver multirresistência; que o uso e seleção de animais resistente aos parasitas têm sido considerado uma opção de solução para esse problema; a presente investigação visou avaliar estratégias metodológicas para classificar os animais Resistentes, Resilientes e Sensíveis com base em três indicadores amplamente estudados OPG, ECC e FAMACH©. Para isso, aplicou os métodos de agrupamentos multivariados comparativamente com a metodologia da lógica Fuzzy para obter as seguintes respostas

1- Avaliar o poder discriminante do protocolo eletrônico usando a lógica Fuzzy para ordenar os animais do rebanho segundo um gradiente de resposta a infecção que vai de sensível, resiliente e resistente a verminose;

2- Comparar critérios que agrupamentos multivariados de animais do rebanho em classes distintas de grau de resistência a infecção por verminose;

3- Validar o uso de tecnologia automatizada que utiliza a lógica Fuzzy (CAPRIOVI) para incorporar a resistência a infecção por nematoides gastrintestinais em nível de rebanho.

A presente tese está estruturada em uma Revisão de Literatura sobre as tecnologias disponíveis para o controle não-farmacêuticos de parasitas gastrointestinais e um capítulo no formato de artigo científico com o título “Consistência dos níveis de resistência a verminose por meio de análise de agrupamentos multivariados com (reamostragem) em caprinos”.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Nematóides gastrintestinais de pequenos ruminantes

Na literatura nacional aparece de forma recorrente que o parasitismo gastrintestinal tem sido apontado como limitante à produção de caprinos, com comprometimento da produtividade do rebanho (VIEIRA, 2008). Essa é uma abordagem que não é recente, mas na realidade trata-se de um problema contemporâneo que foi sempre enfrentado de várias formas, havendo geralmente alguns pontos de consenso entre elas. Destacar a rusticidade dos caprinos criados na região Nordeste do Brasil, mas com baixo desempenho produtivo, é um discurso recorrente na literatura nacional. Essa realidade tem levado os criadores e a pesquisa buscar melhores índices de produtividade, uma vez que a região detém 90% do efetivo de caprinos do país.

A infecção por nematódeos gastrintestinais é considerada o principal problema sanitário da criação desses pequenos ruminantes no Brasil (IGARASHI *et al.*, 2013). Em geral, estão associadas as práticas de manejo, ocorrendo em muitos casos, situações de superlotação e contaminação de água e alimentos.

O clima é um dos principais influenciadores da dinâmica populacional dos parasitas, mas a relação quantitativa entre umidade, temperatura e o desenvolvimento de nematóides gastrintestinais permanece pouco conhecida, limitando-se a exploração de controle dos estádios de vida livre (O'CONNOR *et al.*, 2007), sendo que a sazonalidade não pode ser observada quando há a utilização de pastagens irrigadas, que mantêm microclima adequado para a eclosão das larvas no período seco do ano (SILVA *et al.*, 2011).

Sem a adequação das condições sanitárias, a parasitose pode influenciar na produtividade, acarretando perdas econômicas devido à diminuição da produção e aumento nos custos de profilaxia (SALGADO; SANTOS, 2016). Pode comprometer o capital investido em insumos e genética do rebanho, que além de redução no desempenho produtivo, reprodutivo, tem-se descarte involuntário de animais (STOTZER *et al.*, 2014).

Para realizar o controle do parasitismo do animal ou do rebanho devem ser utilizadas ferramentas que apontem decisões corretas em relação aos benefícios de controle ou eliminação do agente causal. O custo total de controle da doença pode ser estimado pela soma das perdas produtivas (diretas e indiretas) e dos gastos de controle e prevenção (OTTE; CHILONDA, 2001).

No Brasil, quantificar o custo do tratamento de verminose no rebanho tem recebido pouca atenção. Dessa maneira, Grisi *et al.* (2014) estimaram as perdas anuais nos rebanhos

devido a parasitose gastrointestinais, considerando os efeitos negativos sobre a produtividade dos animais em relação as perdas de rendimento em produção e ganho de peso.

Nessa avaliação deve contemplar também a manutenção da eficácia dos compostos químicos por períodos prolongados, priorizando-se critérios de menor custo, como a sugestão de Molento *et al.* (2004) ao utilizar o método Famacha© juntamente com outras técnicas, como forma de adoção de sistema integrado de manejo parasitário.

## 2.2 Estratégias de controle parasitário

A necessidade de estratégias alternativas de controle parasitário tem sido apontada como forma de minimizar riscos à saúde, pelo aumento da concentração de resíduos das drogas na carne (ASSENZA *et al.*, 2014), mas também no meio ambiente (DOBSON *et al.*, 2011).

O clima é um fator influenciador da dinâmica populacional dos parasitas nos rebanhos de pequenos ruminantes, que se beneficiam da relação entre umidade e temperatura propícias ao seu desenvolvimento. Uma consequência disso é a presença de comportamento sazonal de incidência parasitária. No Nordeste prevalece maior parasitismo nos caprinos e ovinos durante o período chuvoso do ano. No Sul do país os ovinos também os parasitos sofrem forte influência climática sobre suas sazonalidades, com maior ocorrência de *Haemonchus contortus* no período de verão/outono e de *Trichostrongylus colubriformis* na primavera e inverno (FARIA, 2014).

Diferenças climáticas entre as regiões parece não limitar a presença de algumas espécies de parasitas. No Nordeste o *Haemonchus contortus* é a espécie de maior prevalência e de maior intensidade em caprinos, seguida de *T. colubriformis* e *Oesophagostomum* (MATTOS *et al.*, 2005). Na região sul os principais parasitos de ovinos são o *Haemonchus contortus*, seguido de *Trichostrongylus colubriformis*, *Ostertagia ostertagi*, *Cooperia curticei* (DOMINGUES *et al.*, 2013; GILLEARD, 2013).

Porém, a prevalência do *H. Contortus* limita por exemplo, trabalhar a caprinocultura como produto orgânico em várias partes do mundo, pois nem mesmo aplicação de emergência para preservar o bem-estar dos animais é aceitável sob os padrões do programa orgânico nacional dos Estados Unidos. Portanto, mais opções sustentáveis de controle de *H. contortus* são necessárias para a viabilidade da produção orgânica e convencional de pequenos ruminantes, tanto no sudeste do Estados Unidos como em outras regiões do mundo (BURKE *et al.*, 2009).

Para complicar a situação, há uma tendência crescente de resistência dos vermes a todas as classes de vermífugos para os quais o tratamento é muitas vezes ineficaz (MORTENSEN *et*

*al.*, 2003). O constante desafio dos animais pelo parasitismo leva os produtores a realizarem vários tratamentos anti-helmínticos ao longo do ano, o que, inevitavelmente, favorece o desenvolvimento de resistência ao grupo químico mais utilizado (TORRES-ACOSTA *et al.*, 2012).

A principal forma de controle utilizada pelos produtores é a aplicação de anti-helmínticos, porém a repetição do mesmo princípio ativo pode trazer problemas de resistência, mas o uso indiscriminado de vermífugo, mesmo que seja de princípios ativos diferentes é a principal causa do aparecimento de resistência (COELHO *et al.*, 2010). Muitas iniciativas simples podem levar a bons resultados, como avaliar previamente a eficiência do anti-helmíntico com a realização de teste de eficácia e assim implantar sistema de controle eficiente (CEZAR *et al.*, 2010; NOVA *et al.*, 2014).

Utilizar o método Famacha com o objetivo de racionalizar o uso dos compostos antiparasitários, preservando sua eficácia por períodos prolongados (MOLENTO *et al.*, 2004), O método tem por base a hipótese que a estratégia de tratamento seletivo causará diminuição na pressão de seleção na população de parasitas (adultos e larvas em refúgio), com consequente redução do processo de gerar resistência parasitária.

Segundo Silva *et al.* (2017), existe carência de resultados comparando a eficácia de acordo com o sexo em animais jovens, e sugerem que o sexo possa ser um parâmetro a ser avaliado em testes de eficácia anti-helmíntica em ovinos. Entretanto, convém considerar que a susceptibilidade a verminose aumenta pós-desmame, especialmente quando a precipitação e umidade nas pastagens é adequada para a sobrevivência larval (BURKE; MILLER, 2009).

Neste mesmo contexto, de acordo com Silva (2011), diz explorar a sazonalidade no controle parasitário de caprinos pode não ser eficiente quando há a utilização de pastagens irrigadas, por manter microclima adequado para a eclosão e desenvolvimento das larvas no período seco do ano. Essa afirmação concorda com Kaplan *et al.* (2004), quanto a resistência a anti-helmínticos por helmintos gastrintestinais ter aumentado notavelmente em pequenos ruminantes, especialmente nos trópicos úmidos, que é um ambiente onde os estágios de vida livre de nematoides como *Haemonchus contortus* e *Trichostrongylus colubriformis* encontram as condições para o seu desenvolvimento ao longo do ano (MAHIEU *et al.*, 2007).

A adoção de diferentes estratégias de gestão da infecção parasitária (Famacha<sup>®</sup>, ECC, OPG) tem se mostrado a forma mais eficiente como medida de controle de nematoides gastrintestinais em ruminantes, mostrando alta frequência de animais resistentes (MOLENTO *et al.*, 2009).

### 2.3 Seleção de animais resistentes e resilientes a verminose

Aumentar a resistência do hospedeiro à infecção parasitária é uma abordagem recomendada, pois geralmente existe variação genética, devido, em parte, à variabilidade nas respostas imunes à infecção (BISHOP, 2010). A tolerância é outra forma de abordar a resposta dos animais ao parasitismo e definida como o impacto líquido sobre o desempenho causado por um determinado nível de infecção, ou seja, os efeitos colaterais da doença, cuja ocorrência só é expressa por animais infectados, significa exigir que a doença esteja em alta prevalência (BISHOP, 2012).

A tolerância a endoparasitas gastrintestinais é estimável no animal individualmente, desde que a característica discriminadora seja mensurada em várias situações de desafio. Portanto não sendo possível detectar sua expressão em um curto período de tempo ou pela mensuração apenas uma vez. A informação disponível sobre a tolerância dentro de uma população dependerá de muitos fatores (BISHOP, 2012).

Os animais menos resistentes (ou mais sensíveis) são os mais prováveis de serem infectados, portanto, o mais indicado para produzir informação sobre a tolerância. Assim, a expressão de tolerância é subordinada ao nível de resistência do animal específico para a infecção.

O uso de animais ou raças resistentes pode, alternativamente, melhorar o desempenho dos rebanhos (AMARANTE *et al.*, 2004). Porém, pesquisas têm mostrado resultados tanto favoráveis quanto desfavoráveis para a relação entre as características de produção e maior resistência aos parasitas (GREER, 2008).

Dentre os caprinos trazidas para o Brasil, a raça Anglonubiana se destaca em rusticidade, quando comparada às demais raças caprinas. A presença de reprodutores dessa raça em muitos rebanhos do Nordeste demonstra sua importância regional e informações sobre a sua capacidade produtiva tem sido estudada, porém necessita também de estudos para analisar como ela está se ajustando ao ambiente de criação a que é submetida, principalmente em relação a resistência a verminose.

O conhecimento da resposta imune do hospedeiro a infecção é crucial para fazer abordagens genéticas. Geralmente a resposta imune eficiente contra os nematódeos está associada negativamente com a eficiência nutricional são questões levantadas quando se busca o fortalecimento da resposta imune pela seleção genética (SYKES, 2010).

A detecção de genes relacionados a resistência a infecção por nematoides gastrintestinais permitirá melhor compreensão dos processos de infecção e também contribuirá para o controle da mesma (STEAR *et al.*, 2007).

Os marcadores moleculares têm sido usados como ferramentas no estudo genético da resistência de animais a infecção por nematóides gastrintestinais e também em populações de nematóides e têm mostrado que há variabilidade genética na característica resistência a endoparasitas dentro de rebanhos. Variabilidade também tem sido observada nas populações de nematoides com isolamento e sequenciamento de marcadores moleculares dos principais helmintos de ruminantes (CERUTTI, 2010).

Assim, mesmo que os mecanismos envolvidos ainda não estejam bem compreendidos, a hipótese da diferença na resistência do hospedeiro relaciona-se com a seleção para melhor resposta imune contra nematoides gastrintestinais, que afetam os diferentes estágios do ciclo de vida do parasita. Nesse processo o uso de marcadores fenotípicos tem auxiliado a identificar os animais com melhor desempenho e menos tratamentos anti-helmintico (HOSTE; TORRES-ACOSTA, 2011).

A herdabilidade da resistência genética do hospedeiro às infecções vem sendo estudada como um método promissor para a criação de rebanhos resistentes a nematoides gastrintestinais. Em relação a correlações genéticas entre as características associadas à resistência genética a verminose, o método de Famacha, que tem demonstrado ser eficiente no controle seletivo de animais que apresentam anemia causada por nematoides hematófagos, apresenta correlação negativa com o escore da condição corporal (-0,21) e positiva, variando de 0,75 a 0,80, com OPG (RILEY; VAN WYK, 2009). Foi constatado por Yadav *et al.* (2006) correlação genética negativa ente OPG e peso corporal com valor igual a -0,26.

De acordo com o estudo de Torres (2019) onde o mesmo utilizou abordagem genômica e destacou a importância da seleção assistida por marcadores moleculares para aumentar a resposta de resistência genética. De forma similar Santos (2018), buscou também por meio de genômica a identificação de genes relacionados com a resistência a verminose. Enquanto que Rodrigues *et al.* (2021) utilizou estatística Bayesiana com modelo animal para estimar parâmetros genéticos da resistência a verminose.

Os autores Borges *et al.*, (2019), destacam que a adoção de inovações tecnológicas aplicada ao melhoramento genético animal depende do equilíbrio entre o que é possível, sob o ponto de vista tecnológico, e o que é aceitável, no contexto socioeconômico de um sistema de produção. No Brasil ainda prevalece este último argumento, pois, a criação de pequenos ruminantes, independentemente do objetivo da exploração, a informatização é bem restrita,



mesmo que o avanço da computação tornou possível o desenvolvimento de sistemas de gerenciamento, controles zootécnicos e genéticos.

#### **2.4 Indicadores de resistência a verminose**

Foi possível testar o método Famacha<sup>©</sup> e comprovar sua aplicabilidade tanto em ovinos como em caprinos adultos, como alternativa no controle do *H. contortus*. A redução nos custos de produção, a diminuição no volume de substâncias químicas lançadas ao meio ambiente e o auxílio na tomada de decisão quanto ao tratamento dos animais fazem do método Famacha<sup>©</sup> um sistema atraente. Os dados apresentados refletem um período crítico do ano caracterizado por uma alta taxa de contaminação das pastagens e desafio parasitário na região Noroeste do Estado do Paraná, semelhante a outras regiões de produção pecuária no Brasil.

Muito embora a eficácia do composto químico utilizado neste estudo se encontra no limite para a resistência anti-helmíntica, devido ao baixo grau do intervalo de confiança (85%), novos estudos devem ser conduzidos para determinar o efeito da utilização do método Famacha na manutenção da eficácia das drogas. A hipótese é que a estratégia de tratamento seletivo através da utilização do método Famacha causará uma diminuição na pressão de seleção da população de parasitas (adultos e larvas em refúgio), com consequente redução do processo de resistência parasitária.

Sugere-se que este método seja utilizado juntamente com outras técnicas quando da adoção de um sistema integrado de manejo parasitário, visando a manutenção da eficácia dos compostos químicos por períodos prolongados.

O Famacha é um critério seletivo que vem sendo utilizado para o controle de verminoses, por ser prático, rápido e de baixo custo, que consiste na comparação de diferentes tonalidades da mucosa conjuntiva com notas que indicam o grau de anemia dos animais. O tratamento é seletivo ou apenas dos animais que apresentam anemia (MAIA; MORAES; SOTO MAIOR, 2013). Nesse caso, os animais que não desenvolveram a infecção podem ser vistos como portadores de resistência ao parasitismo (HAYWARD *et al.*, 2014).

Observa-se que o interesse para evitar a ocorrência de resistência a anti-helmínticos se destaca entre as justificativas apresentadas nesses estudos (RODRIGUES *et al.*, 2021; TORRES *et al.*, 2020; SANTOS, 2018; HAYWARD *et al.*, 2014), enquanto o uso do Famacha se destaca entre os métodos, sendo ele favorecido por ser um recurso para o controle de *H. contortus* de fácil execução (BATISTA *et al.*, 2014), que consiste em vermifugar apenas os animais com anemia visualizada na mucosa ocular (MOLENTO *et al.*, 2004).

Estudos tem demonstrado ser possível melhorar a resistência genética à maioria das doenças, embora haja dificuldade para verificar fenótipos de resistência em condições de campo (BISHOP; WOOLLIAMS, 2010). Dos exames parasitológicos medidos a campo, a contagem de ovos por grama de fezes (OPG) pode não refletir o real número de helmintos adultos no animal, em virtude da reação do hospedeiro e das características de cada espécie.

Muitas pesquisas de resistência a verminose se baseiam no OPG para separar os animais em grupos de “resistentes” e “susceptíveis”, como fez Coutinho (2012), classificando como resistente o animal com média de OPG igual a 763, e susceptível com OPG superior a 3.631. No entanto, metodologias eficientes devem ser adotadas na estimação e predição dos valores genéticos e não ignorar nas análises que não apresenta distribuição normal. Mesmo sendo o OPG uma medida direta da carga parasitária, por ser muito variável, justifica a inclusão de outras características para auxiliar ou para conseguir maior eficiência na identificação de resistência a verminose. Mas o uso do OPG pode enfrentar limitação, principalmente em face de dificuldade para sua inclusão como rotina no manejo sanitário do rebanho (RODRIGUES *et al.*, 2021).

A resistência a verminose tem sido abordada em ovinos utilizando-se o valor do OPG para agrupar os animais como Resistente, Resiliente e Sensível ao parasitismo, e, meio de vários critérios são relacionadas produção ou outros fatores, como fizeram Basseto *et al.* (2009), que constataram em ovelhas da classe sensível que não emprenharam, apresentaram média de OPG 4,1 vezes maior que as resistentes.

Raciocínio similar foi explorado por Fernandes *et al.* (2017), que constataram no período antecedente ao parto, as diferenças entre as médias de OPG de 3,6 vezes maiores no grupo Sensível em relação ao Resistente, mesmo recebendo vezes mais tratamentos anti-helmínticos. Além disso, em dois ciclos reprodutivos constataram que o peso e as taxas de natalidade e de desmame das ovelhas não foram influenciados pelo grau de resistência aos nematódeos. Mas a taxa de mortalidade de ovelhas e o peso sim. E os animais resistentes apresentaram sempre menor valor de OPG.

O ECC é uma medida subjetiva, obtida por meio de avaliação visual e pela palpação da região dorso-lombar da coluna vertebral, verificando a quantidade de gordura e músculo encontrado no ângulo formado pelo processo espinhoso e transversos das vertebrae. Atribuídos escore de 1 a 5 assim representado (1) animal caquético; (2) magro; (3) Médio; (4) Gordo e (5) Obeso (THOMPSON; MEYER, 1994). É também uma medida prática, de baixa tecnologia e tem como indicador, o estado geral de reservas corporais do animal, além de ser utilizado na seleção do peso corporal (VAN BURGEL *et al.*, 2011).

A avaliação do escore corporal e do peso vivo podem ajudar na identificação dos animais resistentes, devido a verminose ser a principal causa de perda de peso nos ovinos (VIEIRA, 2008).

## 2.5 Análise de conglomerados: técnicas aglomerativas

Hoje em dia fala-se de agrupamentos inúmeras vezes na nossa vida. Por exemplo, no conjunto dos indivíduos, alimentos, vegetais, dados etc. Contextualizando, a identificação de agrupamentos nos remete a grupos de objetos, indivíduos, caracterizados por múltiplos traços similares e é muito utilizada em muitas áreas de conhecimento científico.

Para a análise de conglomerados, habitualmente designada por Análise de *Clusters* é um procedimento de Estatística Multivariada que tem como objetivo identificar e, em consequência, classificar objetos ou traços de indivíduos de modo que, dentro de um mesmo grupo os elementos sejam o mais homogêneo possível e entre grupos o mais heterogêneo. É a análise estatística mais usada para analisar dados definidos com várias variáveis podendo ser ou não mutuamente correlacionadas entre si.

## 2.6 Métodos de Identificação de Agrupamentos

São vários, dentre os quais os mais usados são **os Métodos Hierárquicos e não hierárquico**. Para ambos é necessário definir uma medida de proximidade entre objetos ou traços de objetos.

### 2.6.1 Métodos Hierárquico:

Para os métodos hierárquicos podem ser, **Aglomerativos** e **Divisivos**, o Método Hierárquico, é uma técnica simples em que os dados são particionados sucessivamente, resultando em uma representação hierárquica dos agrupamentos (EVERITT, 2011). Portanto essa representação ilustra a visualização dos agrupamentos em cada grupo onde ocorre e com o grau de semelhança entre eles (aglomerativos). Como exemplos os métodos, os Ward e suas variantes, Ward D, Ward D2 e o Average.

O método de agrupamento Ward foi proposto por Ward (1963), com o objetivo de dividir um conjunto de dados, tratamentos, indivíduos em grupos homogêneos, similares, hierárquicos com base em alguns critérios bem definidos. Por sua vez o método Average foi

criado por Wilder (1978), tem como critério determinar medidas de similaridades entre dois Clusters e é definido pelas médias das distâncias de todos os pontos do 1º cluster em relação aos pontos do 2º cluster.

Inicialmente é necessário definir critérios de agregação (proximidades) de grupos e definir uma metodologia de identificação para análise de clusters. Segundo Reis (2001), uma Análise de *Clusters* de indivíduos, objetos processa-se de acordo com o seguinte procedimento:

- ✓ Seleção dos indivíduos ou de uma amostra de indivíduos a serem agrupados;
- ✓ Seleção das variáveis ou definição de um conjunto de variáveis a partir das quais será obtida a informação necessária ao agrupamento dos indivíduos;
- ✓ Definição de uma medida de similaridade ou de distância entre dois indivíduos;
- ✓ Escolha de um critério de agregação ou desagregação de grupos de indivíduos, isto é, a definição de um algoritmo de classificação ou de partição;
- ✓ Por último, a validação dos resultados.

Já para o método Divisivos o procedimento é o inverso do aglomerativos, parte de um grande *cluster* e, por passos sucessivos de divisão de subgrupos (*clusters*), estabelece novos subgrupos parando quando é obtido um elemento em cada *cluster*. A divisão de dois subgrupos distintos é determinada em função de algum critério de dissimilaridade (distância) (BIRKIN, 2002).

#### 2.6.2 Métodos não hierárquico:

- ***Método k-means***

O método k-means, atribui-se a James Mac Queen (1967), quem primeiro utilizou o termo K-means. Embora a ideia remonte a Hugo Steinhaus (1957), serve para particionar as observações dentro de K grupos, onde cada observação pertence ao grupo mais próximo da média.

Considera-se como sendo uma técnica de agrupamento onde os dados são divididos em K partições ou grupos, sendo que cada partição representa um *cluster*. Os números de *clusters* deve ser conhecido a priori. Os métodos não-hierárquicos têm a vantagem de poderem ser aplicados a conjuntos de dados de elevada dimensionalidade ou cardinalidade sem afetar grandemente a sua eficiência computacional, ao contrário das técnicas hierárquicas.

## 2.7 Medidas de Similaridade e Dissimilaridade

Quando itens (unidades ou casos são agrupados), a proximidade é usualmente é indicada por uma espécie de distância. Por outro lado, as variáveis são usualmente agrupadas nos coeficientes de correlação ou outras medidas de associação.

- I. Similaridade: quanto maior o valor observado mais parecidos são os objetos. Ex: Coeficiente de correlação.
- II. Dissimilaridade: Quanto menor o valor observado menos parecidos (mais dissimilares). Ex: Distância euclidiana.

Em seguida, apresenta-se algumas medidas de análise de agrupamentos multivariados como, índices, técnicas, testes medidas de distancias. etc., de acordo com vários autores (EVERITT, 2011; REIS, 2012; JOHNSON *et al.*, 2014):

### 2.7.1 Coeficiente de correlação cofenética (CCC)

O coeficiente de correlação cofenética mede o grau de ajuste entre a matriz de similaridade original e a matriz resultante da simplificação proporcionada pelo método de agrupamento e é determinado usando a fórmula do coeficiente de correlação linear de Pearson entre os elementos da matriz de distâncias originais e os correspondentes elementos da matriz de correlação cofenética, de acordo com a expressão:

$$r_{cof} = \frac{\sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j>i}^n (c_{ij} - \bar{c})(d_{ij} - \bar{f})}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j>i}^n (c_{ij} - \bar{c})^2 \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j>i}^n (d_{ij} - \bar{f})^2}}$$

em que:

$$\bar{c} = \frac{\sum_{i=1}^n c_i}{n}, \text{ e } \bar{f} = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{n}$$

$C_{i,j}$  é o valor da distância entre os indivíduos  $i$  e  $j$  na matriz cofenética é o valor de distância entre os mesmos indivíduos na matriz original de distâncias que podemos chamar

fenética e  $n$  é a dimensão da matriz. A matriz resultante de qualquer método aglomerativos chamamos de matriz cofenética. O valor do coeficiente varia entre -1 e +1, com o valor zero a significar que não existe correlação entre os indivíduos. Para encontrar bons resultados da correlação cofenética, vários autores sugerem diferentes valores limiares; alguns indicam valores próximos de 0,7 e outros próximos de 0,8. Não há, portanto, consenso, sendo esse valor limiar subjetivo. Assim, neste trabalho, consideramos que um método produz um bom desempenho se o valor do coeficiente de correlação cofenética é maior ou igual 0,7.

### 2.7.2 Distancia Euclidiana

Distância euclidiana é a distância entre dois pontos no espaço euclidiano. O espaço euclidiano foi originalmente inventado pelo matemático grego Euclides, por volta de 300 AEC. estudar as relações entre ângulos e distâncias. Esse sistema de geometria ainda está em uso hoje e é o que os alunos do ensino médio estudam com mais frequência. A geometria euclidiana se aplica especificamente a espaços de duas e três dimensões. No entanto, pode ser facilmente generalizado para dimensões de ordem superior.

Fórmula:

$$d_{ij} = \sqrt{\sum_{k=1}^p (x_{ik} - x_{jk})^2}$$

### 2.7.3 Distância Mahalanobis

Uma alternativa estatística para mensurar a distância entre variáveis linearmente correlacionadas é a distância de Mahalanobis. Ela pode ser definida como uma medida da distância de qualquer ponto  $P$  em uma distribuição multivariada normal  $D$ . A distância de Mahalanobis generaliza a ideia de quantos desvios padrões um ponto  $P$  está distante da média de uma distribuição multivariada  $D$ . Dada duas variáveis  $Z(u)$  e  $Z(lhe)$ , tais que  $Z(u)$  e  $Z(lhe)$  representam as variáveis das amostras situadas nas extremidades do vetor  $h$ , tal que  $\bar{z} = [Z(u), Z(u+h)]$ , define-se o vetor médio como sendo  $\bar{\mu} = [\mu_x, \mu_{x+h}]$ , ao qual  $\mu_x$  é o valor médio de  $Z(u)$  e  $\mu_{x+h}$  o valor médio de  $Z(u+h)$  e a distância de Mahalanobis pode ser descrita como:

Fórmula:

$$d_{\alpha}(Z(u), Z(u + h)) = \sqrt{(\vec{Z} - \vec{\mu})^t S^{-1} (\vec{Z} - \vec{\mu})}$$

Em que  $z_u$  representa a amostra no suporte  $u$ ,  $z_{u+h}$  representa a amostra a uma distância  $h$ ,  $n$  o número de pares utilizados na estatística e  $m_h$  e  $m_t$  respectivamente os valores médios para as amostras do início e do final do vetor  $h$ . Para a obtenção de pares permissíveis, diferentes estratégias de busca são utilizadas pelos softwares disponíveis, considerando diferentes geometrias no cálculo dos pares de amostras.

## 2.8 Índice de Validação de Agrupamento

Considera-se como principal desafio em técnicas de agrupamentos, a análise e a definição do número adequado de grupos. Uma estratégia de análise de agrupamento é atribuir uma nota à qualidade do resultado de agregação, considerando as distâncias intra e inter grupos na busca de grupos consistentes e bem separados.

### 2.8.1 Índice de Dunn

Introduzido por DUNN (1973), serve para validar os resultados dos algoritmos de agrupamentos de dados a partir da equação:

Fórmula:

$$D_n = \min_{1 \leq i \leq q} \left\{ \min_{1 \leq j \leq q, j \neq i} \left( \frac{d(C_i, C_j)}{\max_{1 \leq h \leq q} \{diam(C_h)\}} \right) \right\}$$

Onde:

$q$  é o número de grupos no agrupamento.

$d = (C_i, C_j)$  representa a distância entre grupos  $C_i$  e  $C_j$ .

$diam (Ch)$  é o diâmetro de um grupo, o que pode ser considerado como uma medida de dispersão de agrupamento.

O índice se caracteriza na comparação das distâncias Intergrupos com o tamanho do grupo mais disperso. O valor resultante está no intervalo  $[0, \infty)$ , de tal modo que quanto maior o valor obtido mais separados e compactos são os grupos. O índice se caracteriza na comparação das distancias

### 2.8.2 Índice de Anderson Darling

Mede o quão bem os dados seguem uma distribuição específica. Em geral, quanto melhor distribuição se ajusta aos dados, menor a estatística AD. Por exemplo, você pode precisar testar se os seus dados atendem à suposição de normalidade para um teste t. é determinado pela equação:

Fórmula:

$$AD = -n - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (2i - 1) [\ln F(X_i) + \ln(1 - F(X_{n-i+1}))]$$

### 2.9 Teste de Boots Trap

O Bootstrap, introduzido por Efron (1993), é uma técnica estatística não paramétrica computacionalmente intensiva que permite a avaliação da variabilidade de estimadores com base nos dados de uma única amostra existente. É indicada para procedimentos estatísticos de difícil aplicação. Em geral apresenta vantagens se usado em situações de amostras pequenas ou grandes, desde que forneça resultados próximos aos obtidos por meio assintóticos usuais em grandes amostras ou superior a amostras reduzidas.



$$SE_{bootstrap} = \sqrt{\frac{1}{B-1} \sum \left( \hat{\theta}_i^* - \frac{1}{B} \sum \hat{\theta}_i^* \right)^2}$$

Onde:

com  $\hat{\theta}_i^*$  igual ao valor da estatística para cada reamostra e B igual ao número de reamostragem realizadas. O asterisco é usado para diferenciar a estatística das reamostras da estatística da amostra original, a qual é representada por  $\hat{\theta}$  algumas literaturas utilizam no primeiro valor do denominador, apenas B ao invés de (B – 1), pois como o número de reamostragem é um valor muito alto, essa alteração acaba ficando praticamente insignificante.

## REFERÊNCIAS

ASSENZA, F. *et al.* Genetic parameters for growth and faecal worm egg count following *Haemonchus contortus* experimental infestations using pedigree and molecular information. **Genetic Selection Evolution**, v.46, n.1, p.13, 2014. Disponível em: <http://dx.doi.org/2.3186/1297-9686-46-13>. Acesso em: 20 ago. 2021.

AMARANTE, A.F.T. *et al.* Resistance of Santa Ines, Suffolk and Ile de France lambs to naturally acquired gastrointestinal nematode infections. **Veterinary Parasitology**, v.20, p.91-106, 2004. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15019147/>. Acesso em: 20 ago. 2021.

BASSETTO, C. C.; SILVA, B. F.; FERNANDES, S.; AMARANTE, A. F. T. Contaminação da pastagem com larvas infectantes de nematoides gastrintestinais após o pastejo de ovelhas resistentes ou susceptíveis à verminose. **Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária**, Jaboticabal, v. 18, n. 4, p. 63-68, out./dez, 2009. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbpv/a/BFVgGWSF4XGCWGFv5m3K3VS/?lang=pt&format=pdf>. Acesso em: 20 ago. 2021.

BISHOP, S. C. **Disease resistance: Genetics.** In: Pond, W.G., Bell, A.W. (Eds.). *Encyclopedia of Animal Science*, Marcel Dekker, Inc., New York, p. 288–290, 2010.

BISHOP, S. C.; WOOLLIAMS, J. A. On the genetic interpretation of disease data. **PLoS ONE**, v. 5, n. 1, 2010. Disponível em: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0008940>. Acesso em: 20 ago. 2021.

BORGES, L. S. **CAPRIOVI - Software para controle zootécnico, genético e orientação de acasalamentos em caprinos e ovinos:** atualização e aprimoramento. 2017. 103 p.

- Dissertação (Mestrado em Ciência Animal). Universidade Federal do Piauí, 2017. Disponível em: <https://repositorio.ufpi.br/xmlui/handle/123456789/605>. Acesso em: 23 ago. 2021.
- BURKE, J. M.; MILLER, J. E., TERRILL, T. H. Impact of rotational grazing on management of gastrointestinal nematodes in weaned lambs. **Veterinary Parasitology**, v. 163, p. 67–72, 2009. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19394147/>. Acesso: 20 ago. 2021.
- CERUTTI, M. C. Genetic variability of *Haemonchus contortus* (Nematoda: Trichostrongyloidea) in alpine ruminant host species. **Journal of Helminthology**, v.84, p.276–283, 2010. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19889245/>. Acesso: 20 ago. 2021.
- COELHO, W. A. C. *et al.* Resistência anti-helmíntica em caprinos no município de Mossoró, RN. **Ciência Animal Brasileira**, v.11, n.3, p.589-599, 2010. Disponível em: <https://www.revistas.ufg.br/index.php/vet/article/view/5389>. Acesso: 20 ago. 2021.
- CEZAR, A. S.; CATTO, J. B.; BIANCHIN, I. Controle alternativo de nematódeos gastrintestinais dos ruminantes: atualidade e perspectivas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.38, n.7, p.2083-2091, out, 2008. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cr/a/TYSPX8FjkYnFP8dSdgNmccD/?lang=pt&format=pdf>. Acesso em: 20 ago. 2021.
- CEZAR, A. S. *et al.* Ação anti-helmíntica de diferentes formulações de lactonas macrocíclicas em cepas resistentes de nematódeos de bovinos. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v.30, n.7, p.523-528, jul, 2010. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pvb/a/HPNTp5hXWC7sqdh94rMgGjH/?lang=pt&format=pdf>. Acesso em: 20 ago. 2021.
- COSTA JÚNIOR, G. S. *et al.* Efeito de vermifugação estratégica, com princípio ativo à base de Ivermectina na incidência de parasitos gastrintestinais no rebanho caprino da UFPI. **Ciência Animal Brasileira**, v.6, n.4, p.279-286, 2006. Disponível em: <https://www.revistas.ufg.br/vet/article/view/373>. Disponível em: 20 ago. 2021.
- COSTA, V. M. M.; SIMÕES, S. V. D.; RIET-CORREA, F. Controle das parasitoses gastrintestinais em ovinos e caprinos na região semiárida do Nordeste do Brasil. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v.31, n.1, p. 65-71, jan, 2011. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pvb/a/qySqpf8jG495hK9pLMXzXVP/?lang=pt>. Acesso em: 23 ago. 2021.
- COUTINHO, R. M. A. **Marcadores fenotípicos para caracterização de caprinos com diferentes níveis de resistência as endo parasitoses gastrintestinais**. Dissertação (Mestre em produção animal). Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Macaíba - RN, 2012. Disponível em: <https://repositorio.ufrn.br/handle/123456789/17171>. Acesso em: 23 ago. 2021.
- DAVIES, G. **Investigating genetic aspects of the variation in the host response to gastrointestinal parasites in sheep**. Ph.D. Thesis, University of Glasgow, 174p. 2006.
- DOBSON, R. J. *et al.* Minimizing the development of anthelmintic resistance, and optimizing the use of the novel anthelmintic monepantel, for the sustainable control of nematode parasites in Australian sheep grazing systems. **Australian Veterinary Journal**, v.89, n.5,

p.160- 166. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21495986/>. Acesso em: 20 ago. 2021.

DOMINGUES, L. F. *et al.* In vitro and in vivo evaluation of the activity of pineapple (*Ananas comosus*) on *Haemonchus contortus* in Santa Inês sheep. **Veterinary Parasitology**, v.197, n.1-2, p.263-270. 2013. Disponível: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23688638/>. Acesso em: 20 ago. 2021.

DUNN, J. C. A Fuzzy Relative of the ISODATA Process and Your Use in Detecting Compact Well-Separated Clusters. **Journal of Cybernetics**, v.3, 32-57, 1973. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/01969727308546046>. Acesso em: 20 ago. 2021.

EVERITT, B. S.; LANDAU, S.; LEESE, M., STALH, D. **Clusters analysis** (5th Edition). Wiley, 2011.

EFRON, B. E.; TIBSHIRANI, R. J. **An Introduction to the Bootstrap**. Chapman e Hall, Nova York, 1993.

FARIA, E. F. **Efeito do sistema de integração pecuária-floresta na recuperação de larvas infectantes de nematoides Trichostrongylus de ovinos**. 2014 44f. Dissertação (Mestre em Zootecnia) - Universidade Federal de Mato Grosso, 2017. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1103812/efeito-do-sistema-de-integracao-pecuaria-floresta-na-recuperacao-de-larvas-infectantes-de-nematoides-trichostrongilideos-de-ovinos>. Acesso em: 23 ago. 2021.

FERNANDES, L. H. *et al.* Resistência à verminose e suplementação proteica no periparto: efeito no parasitismo e no desempenho reprodutivo de ovelhas do grupamento racial pantaneiro. **Ciência Animal Brasileira**. Goiânia, v.18, 1-12, e-41627, 2017. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1082343/resistencia-a-verminose-e-suplementacao-proteica-no-periparto-efeito-no-parasitismo-e-no-desempenho-reprodutivo-de-ovelhas-do-grupamento-racial-pantaneiro>. Acesso em: 20 ago. 2021.

GILLEARD, J. S. *Haemonchus contortus* as a paradigm and model to study anthelmintic drug resistance. **Parasitology**, v.140, n.12, p.1506-1522, 2013. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23998513/>. Acesso em: 20 ago. 2021.

GRISI, L.; LEITE, R.C.; MARTINS, J. R. D.S., et al. Reassessment of the potential economic impact of cattle parasites in Brazil. **Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária**, Jaboticabal, v. 23, n. 2, p. 150-156, abr.-jun. 2014. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbpv/a/Yvdz46WMYtR8NK43mjN8GLt/?lang=en&format=pdf>. Acesso em: 20 ago. 2021.

GREER, A.W. Trade-offs and benefits: implications of promoting a Strong immunity to gastrointestinal parasites in sheep. **Parasite immunology**, v.30, n.2, p.123-132. 2008. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18186772/>. Acesso em: 20 ago. 2021.

HAYWARD, A. D. *et al.* Natural selection on individual variation in tolerance of gastrointestinal nematode infection. **PLoS Biol**, v.12, p.e1001917, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.1001917>. Acesso em: 20 ago. 2021.

HOSTE, H.; TORRES-ACOSTA, J. F. J. Non chemical control of helminthes in ruminants: Adapting solutions for changing worms in a changing world. **Veterinary Parasitology**, v.180, n.1-2, p.144–154, 2011. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21705144/>. Acesso em: 20 ago. 2021.

IGARASHI, M. *et al.* Efeito do neem (*Azadirachta Indica*) no controle de nematódeos gastrintestinais em ovinos suplementados a pasto no período seco. 2013. Semina: Ciências Agrárias, Londrina, v. 34, n. 1, p. 301-310, jan./fev. 2013. Disponível em: <https://www.uel.br/revistas/uel/index.php/semagrarias/article/viewFile/11432/12035>. Acesso em: 20 ago. 2021.

KAPLAN, R. J. *et al.* Validation of the FAMACHA® eye colour chart for detecting clinical anaemia in sheep and goats on farms in the southern United States. **Veterinary Parasitology**, v.123, n.1-2, p.105-120. 2004. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15265575/>. Acesso em: 20 ago. 2021.

MACQUEEN, J. **Some methods for classification and analysis of multivariate observations**. j. macqueen university of california, los angeles 1993.

MAHIEU, M. *et al.* Evaluation of targeted drenching using Famacha® method in Creole goat: Reduction of anthelmintic use, and effects on kid production and pasture contamination. **Veterinary Parasitology**, v.146, n.1-2, p.135-147, 2007. Disponível em: <https://www.researchgate.net/signup.SignUp.html>. Acesso em: 20 ago. 2021.

MATTOS, M. J. T. *et al.* Influência do parasitismo por nematódeos sobre o perfil hematológico de caprinos. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Rio Grande do Sul, v.57, n.1, p.133-135, 2005. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/abmvz/a/FkNZsycMKMJKKnQRvnssJGL/?lang=pt&format=pdf>. Acesso em: 20 ago. 2021.

MORTENSEN, L. L., WILLIAMSON, L. H., TERRILL, T. H., et al. Evaluation of prevalence and clinical implications of anthelmintic resistance in gastrointestinal nematodes of goats. **Journal Am. Vet. Med. Association**, v. 223, n.4, p. 495–500, 2003. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12930089/>. Acesso em: 20 ago. 2021.

MOLENTO, M. B. Resistência de helmintos em ovinos e caprinos. **Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária**, v.13, p.82-85, 2004. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/284055595\\_Resistencia\\_de\\_helmintos\\_em\\_ovinos\\_e\\_caprinos](https://www.researchgate.net/publication/284055595_Resistencia_de_helmintos_em_ovinos_e_caprinos). Acesso em: 20 ago. 2021.

MOLENTO, M. B. *et al.* Frequency of treatment and production performance using the FAMACHA® method compared with preventive control in ewes. **Veterinary Parasitology**, v.162, n.3-4, p.314–319, 2009. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/24280078\\_Frequency\\_of\\_treatment\\_and\\_production\\_performance\\_using\\_the\\_FAMACHA\\_method\\_compared\\_with\\_preventive\\_control\\_in\\_ewes](https://www.researchgate.net/publication/24280078_Frequency_of_treatment_and_production_performance_using_the_FAMACHA_method_compared_with_preventive_control_in_ewes). Acesso em: 20 ago. 2021.

NOVA, L. E. V.; COSTA, M. E.; MELO, P.G.C.F., et al. Resistência de nematoides aos anti-helmínticos nitroxinil 34% e ivermectina 1% em rebanho ovino no município de São João do Ivaí, Paraná. **Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal**, v.8, n.1, p.159-171. 2014.

Disponível em:

<http://www.higieneanimal.ufc.br/seer/index.php/higieneanimal/article/view/139/2143>. Acesso em: 20 ago. 2021.

O'CONNOR, L.; KAHN, L. P.; WALKDEN-BROWN, S. W. The effects of amount, timing and distribution of simulated rainfall on the development of *Haemonchus contortus* to the infective larval stage. **Veterinary Parasitology**, v. 146, n.1-2, p.90–101, 2007. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17398009/>. Acesso em: 20 ago. 2021.

OLIVEIRA, P. A. *et al.* Eficácia de diferentes fármacos no controle parasitário em ovinos. **Science and Animal Health**, v.2, n.2, p.126136. Disponível em: <https://periodicos.ufpel.edu.br/ojs2/index.php/veterinaria/article/view/3039/3631>. Acesso em: 20 ago. 2021.

OTTE, M. J.; CHILONDA, P. Animal health economics: an introduction. Livestock Information, Sector Analysis and Policy Branch. **Animal Production and Health Division (AGA)**, FAO, Rome, Italy, 2001.

RILEY, D.G.; VAN, W. Y. K, J. A. Genetic parameters for FAMACHA score and related traits for host resistance/resilience and production at differing severities of worm challenge in a Merino flock in South Africa. **Veterinary Parasitologic**, v.164, n.1, p. 44–52, 2009. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19446960/>. Acesso em: 20 ago. 2021.

RODRIGUES, F. N. *et al.* Genetic parameters for worm resistance in Santa Inez sheep using the Bayesian animal model. **Animal Bioscience**, v.34, n.2, p.185-191, 2021. Disponível em: <https://www.animbiosci.org/upload/pdf/ajas-19-0634.pdf>. Acesso em: 20 ago. 2021.

REIS, E. **Estatística multivariada aplicada**. 2º Edição. Lisboa, 2001.

SALGADO, J. A.; SANTOS. C. P. Overview of anthelmintic resistance of gastrointestinal nematodes of small ruminants in Brazil. **Braz. J. Vet. Parasitol.** Jaboticabal, v. 25, n. 1, p. 3-17, jan./mar, 2016. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbpv/a/D6vHdKJRt347NHBvjdpmHL/?lang=en&format=pdf>. Acesso em: 20 ago. 2021.

SILVA, J. B. FAGUNDES, G. M. ; FONSECA, A. H. Dynamics of gastrointestinal parasitoses in goats kept in organic and conventional production systems in Brazil. **Small Ruminant Research**, v.98, p.35–38, 2011. Disponível em: <http://r1.ufrj.br/avaldofonseca/wp-content/uploads/2014/06/Silva-J-B-et-al-2011-Dynamics-gstrointestinal-hel-goats-organic-system-Small-Rumi-Res.pdf>. Acesso em: 20 ago. 2021.

SILVA, D. G. *et al.* Eficácia anti-helmíntica comparativa entre diferentes princípios ativos em ovinos jovens. **Pub Vet**, v.11, n.4, p.356-362, 2017. Disponível em: <https://famez.ufms.br/files/2015/09/EFIC%C3%81CIA-ANTI-HELM%C3%8DNTICA-COMPARATIVA-ENTRE-DIFERENTES-PRINC%C3%8DPIOS-ATIVOS-E-ASSOCIA%C3%87%C3%95ES-EM-OVINOS-DA-FAZENDA-ESCOLA-DA-FUNDA%C3%87%C3%83O-UNIVERSIDADE-FEDERAL-DE-MATO-GROSSO-DO-SUL.pdf>. Acesso em: 20 ago. 2021.

SIMPLÍCIO, A. A.; RIEIRA, G.S.; NUNES, J. F. **Puberdade em fêmeas ovinas da raça Somalis**. Sobral, EMBRAPA-CNPC, 1981. (EMBRAPA-CNPC. Pesquisa em andamento, n.4).

STOTZER, E. S. *et al.* Impacto econômico das doenças parasitárias na pecuária. **Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal**, v.8, n.3, p.198–221, jul./ set, 2014. Disponível em: <http://www.higieneanimal.ufc.br/seer/index.php/higieneanimal/article/view/195/2021>. Acesso em: 20 ago. 2021.

STEAR, M. J. *et al.* Detection of genes with moderate effects on disease resistance using ovine MHC and resistance to nematodes as an example. **Veterinary Immunology and Immunopathology**, v.120, n.1-2, p.3–9, 2007. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17765323/>. Acesso em: 20 ago. 2021.

SYKES, A. R. Host immune responses to nematodes: benefit or cost? Implications for future development of sustainable methods of control. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, p.376-38. 2010. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbz/a/ZmKPPkDB8cLhjKJ9TL98kXK/?lang=en&format=pdf>.

TONTINI, J. F. Impacto do manejo alimentar sobre a carga parasitária de cordeiros e distribuição de larvas de nematoides gastrintestinais em pastagem tropical (*Panicum maximum* cv. IZ-5). **Animal Science**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2014.

TORRES-ACOSTA, J. F. J.; HOSTE, H. Alternative or improved methods to limit gastrointestinal parasitism in grazing sheep and goats. **Small Ruminant Research**, v.77, n.2-3, p.159–173, 2008. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0921448808000680>. Acesso em: 21 ago. 2021.

TORRES-ACOSTA, J. F. J.; M. MOLENTO, M.; GIVES, P. M. Pesquisa e implementação de novas abordagens para o controle de parasitas nematóides na América Latina e no Caribe: há incentivo suficiente para um maior esforço de extensão? **Veterinário. Parasitol**, v.186, n.1-2, p. 132-142, 2012. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22169402/>. Acesso em: 22 ago. 2021.

TORRES, T. S. **Traditional and genomic methods applied to the genetic improvement of sheep for resistance to nematode infection**. 2019. 85p. Thesis (Animal Science Doctorate) – Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2019.

VAN BURGEL, A. J. *et al.* The merit of condition score and fat score as alternatives to liveweight for managing the nutrition of ewes. **Animal Production Science**, v.51, p.834–841, 2011. Disponível em: <https://www.publish.csiro.au/an/pdf/AN09146>. Acesso em: 21 ago. 2021.

VIEIRA, L.S. Alternative methods for the control of gastrointestinal nematodes in goats and sheep. **Tecnol & Ciên Agropec**, João Pessoa, v.2, n.2, p.49-56, jun, 2008. Disponível em: [https://revistatca.pb.gov.br/edicoes/volume-02-2008/volume-2-numero-2-junho-2008/tca09\\_metodos.pdf](https://revistatca.pb.gov.br/edicoes/volume-02-2008/volume-2-numero-2-junho-2008/tca09_metodos.pdf). Acesso em: 21 ago. 2021.

WARD JR, J. H. Hierarchical grouping to optimize an objective function. **Journal of the American statistical association**, v. 58, n. 301, p. 236–244, 1963. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/01621459.1963.10500845>. Acesso em: 21 ago. 2021.

YADAV, N. K. *et al.* Genetic Studies on Faecal Egg Counts and Packed Cell Volume Following Natural Haemonchus contortus Infection and Their Relationships with Live weight in Muzaffarnagari Sheep. **Journal Animal Science**, v. 19, n.1, p. 1524-1528, 2006. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/264139456\\_Genetic\\_Studies\\_on\\_Faecal\\_Egg\\_Counts\\_and\\_Packed\\_Cell\\_Volume\\_Following\\_Natural\\_Haemonchus\\_contortus\\_Infection\\_and\\_Their\\_Relationships\\_with\\_Liveweight\\_in\\_Muzaffarnagari\\_Sheep](https://www.researchgate.net/publication/264139456_Genetic_Studies_on_Faecal_Egg_Counts_and_Packed_Cell_Volume_Following_Natural_Haemonchus_contortus_Infection_and_Their_Relationships_with_Liveweight_in_Muzaffarnagari_Sheep). Acesso em: 21 ago. 2021.

## 4 CAPÍTULO 1

### Consistência dos níveis de Resistência a Verminose por meio de Agrupamentos Multivariados com (reamostragem) em Caprinos

Wellington Paulo da Silva Oliveira<sup>1</sup>; Natanael Pereira da Silva Santos<sup>2</sup>; Adriana Mello de Araújo<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal. Universidade Federal do Piauí. Teresina – PI. e-mail: wellingtonoliveira@yahoo.com.br.

<sup>2</sup> Universidade Federal do Piauí. Centro de Ciências Agrárias. Departamento de Zootecnia. Teresina-PI. e-mail: natanael@ufpi.edu.br.

<sup>3</sup> Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA Pantanal. Corumbá-MS e-mail: adriana.araujo@embrapa.br.

#### Resumo

A verminose tem sido um problema para a produção de caprinos no Brasil devido à alta incidência de infecção ambiente, mesmo com a aplicação de drogas antiparasitárias no rebanho. As medidas para controle desta enfermidade englobam a resposta do animal à própria carga parasitária, onde estudos utilizam diferentes classes de resposta do animal ao parasitismo: resistente, resiliente e sensível. Objetivou-se com esta pesquisa avaliar a consistência do padrão de agrupamento estatístico para resistência a verminose, obtidos a partir da combinação das características/indicadores Ovos por grama de fezes (OPG), Famacha<sup>©</sup> e Escore da Condição Corporal (ECC). As análises foram realizadas com base no banco de dados de mensurações em cabras de segunda e terceira ordens de parto, manejadas sob condições de infecção por verminose de forma natural a campo, de 2009 a 2019, por meio de métodos multivariados em caprinos da raça Anglonubiana. do rebanho experimental (DZO/UFPI). Para melhor caracterização do perfil do banco de dados e justificar a adequação do rebanho para essa pesquisa, no período de 2001 a 2017 buscou-se ampliação de variabilidade fenotípica na resposta a verminose no rebanho, considerando interesse em manter animais sensíveis no rebanho, estrategicamente adotou-se aplicação de vermífugo nas fêmeas na primeira na semana após o parto. Para as análises estatísticas determinou-se as matrizes de distância Euclidiana e Mahalanobis entre indivíduos nas três medidas: OPG, ECC e Famacha submetidos a análise de



35 variância multivariada. Os seguintes métodos multivariados foram utilizados: Ward, Ward D2,  
36 *Average* (hierárquicos) e *K-means* (não hierárquico), sendo aceito *a priori* que seriam formados  
37 em todos apenas três grupos (Resistente, Resiliente e Sensível). Para certificar-se de que os  
38 agrupamentos realmente diferem entre si, foi necessário validar os agrupamentos hierárquicos.  
39 Foi observado o coeficiente de correlação cofenética (CCC) e a aplicação da análise de  
40 variância multivariada (MANOVA) para verificar se existe diferença significativa entre os  
41 vetores médios dos grupos. A associação entre as medidas de dissimilaridade foi estimada pela  
42 correlação de Spearman (STEEL; TORRIE, 1980). O coeficiente de correlação cofenética  
43 (CCC) que mede o grau de ajuste entre a matriz de similaridade original e a matriz resultante  
44 da simplificação proporcionada pelo método de agrupamento (matriz cofenética C). Todas as  
45 análises estatísticas foram realizadas com emprego do software estatístico R (*The R*  
46 *Development Core Team*, 2008) Os valores das correlações cofenéticas.

47

48 **Palavras-chave:** Análise de consistência de agrupamento; Resistência a verminose; Análise de  
49 variância multivariada.

50

## 51 **Abstract**

52

53 Verminosis has been a problem for the production of goats in Brazil due to the high incidence  
54 of infestation in the environment, even with the application of antiparasitic drugs in the herd.  
55 Measures to control this disease encompass the animal's response to its own parasite load, where  
56 studies show different classes of animal response to parasitism: resistant, resilient and sensitive.  
57 The objective of this research was to evaluate the consistency of the statistical grouping pattern  
58 for resistance to verminosis, obtained from the combination of characteristics/indicators Eggs  
59 per gram of feces (OPG), Famacha© and Body Condition Score (ECC). The analysis was  
60 performed in the database of measurements in goats of second and third calving orders,  
61 managed under conditions of natural worm infection in the field, from 2009 to 2019. using  
62 multivariate methods in Anglonubiana goats. from the experimental herd (DZO/UFPI). To  
63 better characterize the profile of the database and justify the suitability of the herd for this  
64 research, in the period 2001 to 2017, an expansion of phenotypic variability in the response to  
65 verminosis in the herd was sought, considering the interest in keeping sensitive animals in the  
66 herd, strategically adopted -the application of dewormer in females in the first week after giving  
67 birth. For statistical analysis, the Euclidean and Mahalanobis distance matrices were determined  
68 between individuals in the three measures: OPG, ECC and Famacha, submitted to multivariate

69 analysis of variance. The following multivariate methods were used: Ward, Ward D2, Average  
70 (hierarchical) and K-means (non-hierarchical), being accepted a priori that they would be  
71 formed in all three groups (Resistant, Resilient and Sensitive). To make sure that the groupings  
72 really differ from each other, it was necessary to validate the hierarchical groupings. The  
73 cophenetic correlation coefficient (CCC) and the application of the multivariate analysis of  
74 variance (MANOVA) were observed to verify whether there is a significant difference between  
75 the mean vectors of the groups. The association between dissimilarity measures was estimated  
76 by Spearman's correlation (STEEL; TORRIE, 1980). The cophenetic correlation coefficient  
77 (CCC) which measures the degree of fit between the original similarity matrix and the matrix  
78 resulting from the simplification provided by the clustering method (cophenetic matrix C). All  
79 statistical analyzes were performed using the statistical software R (The R Development Core  
80 Team, 2008) The values of the cophenetic correlations.

81

82 **Keywords:** Cluster consistency analysis; Verminosis resistance; Multivariate analysis of  
83 variance.

84

## 85 **Introdução**

86

87 Os parasitas gastrintestinais são obstáculos enfrentados na criação de caprinos, pois  
88 contribuem para o aumento da mortalidade e queda na produção dos animais (MACIEL *et al.*,  
89 2006). Essa abordagem não é recente, mas trata-se de um problema sempre contemporâneo que  
90 vem sendo enfrentado de várias formas, havendo geralmente alguns pontos de consenso entre  
91 elas.

92 Os hospedeiros geralmente apresentam estratégias amplas para combater as  
93 consequências adversas do parasitismo, a resistência e a resiliência. A resistência é a capacidade  
94 do animal em impedir o estabelecimento e/ou subsequente desenvolvimento da infecção  
95 parasitária (ALBERS *et al.*, 1990), sendo sua extensão e as causas da variação entre os  
96 indivíduos relativamente bem estudadas nos animais (HAYWARD, 2013; GAULY *et al.*, 2002).  
97 A resiliência, por sua vez, mostra que animais mesmo infectados são capazes de conviver com  
98 os parasitos com redução mínima de produtividade ou limitar os danos causados por uma carga  
99 parasitária (DOESCHI-WILSON *et al.*, 2012). A não resistência (sensibilidade) é menos  
100 estudada que a resistência mas não menos importante para pecuária (HAYWARD *et al.*, 2014).

101 Segundo Hayward *et al.*, (2014), análises multivariadas são necessárias para abordar  
102 questões relativas à resistência a verminose, mas destacam que determinar a estrutura estatística

103 mais apropriada para tais análises é um desafio. Para identificar qual a melhor metodologia para  
104 caracterizar animais resistentes a verminoses, trabalhos têm sido realizados e a análise de  
105 agrupamento tem ganhado espaço. Os autores Araújo (2017) e Santos (2018) aplicaram o  
106 agrupamento não hierárquico utilizando o algoritmo *k-means* a partir de combinações de OPG,  
107 Famacha, ECC e HCT, formando as classes: Resistente, Resiliente e Sensível. Vale ressaltar  
108 que diferentes técnicas podem levar a diferentes soluções.

109 As técnicas multivariadas constituem uma poderosa e valiosa ferramenta para  
110 programas de melhoramento genético. Elas podem ajudar na identificação de grupos de animais  
111 produtivamente semelhantes, apesar de geneticamente divergentes, auxiliando na tomada de  
112 decisão (CRUZ; REGAZZI, 1997). Com a finalidade de estudar e avaliar a estabilidade dos  
113 agrupamentos obtidos a partir de matrizes de dissimilaridade o procedimento de reamostragem  
114 *bootstrap* merece destaque, pois pode fornecer um ponto de equilíbrio que permite uma  
115 estimativa precisa dos grupos (LAVORANTI, 2003).

116 Mesmo com algumas pesquisas desenvolvidas há falta de conhecimento sobre as  
117 possibilidades e agrupamentos de animais geneticamente divergentes, mas produtivamente  
118 similares. As poucas pesquisas nessa área decorrem, possivelmente, do pequeno número de  
119 animais nos rebanhos e falta de escrituração zootécnica pelos criadores. Assim, evidenciar este  
120 estudo seria de grande importância prática para os produtores.

121 Objetivou-se com esta pesquisa avaliar a consistência do padrão de agrupamento de  
122 resistência a verminose, obtidos a partir da combinação das características OPG, FAMACHA©  
123 e ECC), por meio de métodos multivariados em caprinos da raça Anglonubiana.

124

## 125 **Material e Métodos**

126

127 Este estudo é vinculado a um projeto de pesquisa cadastrado no Comitê de Ética em  
128 pesquisa com animais, da UFPI, com o nº 423/2017. Para o estudo, foi editado o banco de dados  
129 da raça Anglonubiana do rebanho experimental (DZO/UFPI). Informações armazenadas de  
130 OPG, ECC e FAMACHA©, mensuradas em cabras de segunda e terceira ordens de parto,  
131 manejadas sob condições de infecção por verminose de forma natural a campo, de 2017 a 2019,  
132 foram utilizadas nas análises.

133 Para a caracterização do perfil do banco de dados e justificar a adequação do rebanho  
134 para essa pesquisa, apresenta-se os seguintes esclarecimentos: no período de 2001 a 2017  
135 buscou-se ampliação de variabilidade fenotípica na resposta a verminose no rebanho, e para  
136 isso não houve seleção do perfil de sensibilidade. Uma consequência disso foi a elevação de

137 mortalidade de cabras, evidência abordada por LIMA *et al.*, (2021). Em razão de interesse por  
138 manter animais sensíveis no rebanho, como alternativa optou-se por realizar uma aplicação de  
139 vermífugo em todas as fêmeas na primeira na semana após o parto, no período que abrange os  
140 dados aqui analisados.

141 A utilização de manejo reprodutivo com pelo menos uma estação de monta por semestre  
142 tornou possível a presença de animais no mesmo estágio fisiológico ao longo do ano, resultando  
143 em informações de contemporâneas. Os animais foram manejados com pastejo em piquetes  
144 com gramíneas cultivadas, sendo no período chuvoso do ano colocadas em um mesmo local  
145 apenas cabras com a mesmas condições fisiológicas.

146 Grupos de cabras contemporâneas quanto a estágio fisiológico, nos dois semestres do  
147 ano foram expostas a presença de parasitos no rebanho, que, de acordo com Carvalho (2015),  
148 ocorreu em consequência do uso de pastagem irrigada, favorecendo principalmente o *H.*  
149 *contortus*, de acordo com resultados de estudos realizados nos últimos 20 anos no rebanho,  
150 conforme (COSTA JÚNIOR *et al.*, 2005.; BATISTA *et al.*, 2014).

151 O manejo parasitário teve como base o valor de OPG, obtido em três coletas por  
152 semestre no rebanho. A aplicação de vermífugo ocorreu quando 10% das cabras apresentaram  
153 valor de OPG superior a 1000, como sugerido por Costa *et al.*, (2011), sendo precedida de coleta  
154 das informações incluídas no banco de dados.

155 Para a obtenção do ECC do animal, considerou-se a média de notas que foram atribuídas  
156 por três avaliadores, com variação de 1 (cabra magra) a 5 (abra obesa) (MACHADO *et al.*,  
157 2008). O Famacha foi obtido com base no método proposto por Molento *et al.*, (2004), também  
158 se considerando a média de notas, atribuídas por três avaliadores, com variação de 1 (vermelho-  
159 brilhante) a 5 (branco pálido) à tonalidade da conjuntiva dos animais, utilizando cartão guia  
160 desenvolvido para utilização a campo.

161 Para as análises, foram determinadas as matrizes de distância Euclidiana e Mahalanobis  
162 entre indivíduos em três medidas: OPG, ECC e Famacha submetidos a análise de variância  
163 multivariada. O mesmo banco de dados foi submetido a análise de agrupamento com os  
164 seguintes métodos multivariados: Ward, Ward D2, *Average* (hierárquicos) e *K-means* (não  
165 hierárquico), sendo aceito *a priori* que seriam formados em todos apenas três grupos (Resistente,  
166 Resiliente e Sensível). Foram utilizadas as distâncias Euclidiana e generalizada de Mahalanobis  
167 como medidas de similaridade, em que a distância Euclidiana entre dois elementos ( $x_i$  e  $x_j$ ) é a  
168 raiz quadrada do somatório dos quadrados das diferenças entre valores de  $i$  e  $j$  para todas as  
169 variáveis ( $v = 1, 2, \dots, p$ ):

170

171

172

$$d(x_i, x_j) = \sqrt{\sum_{v=1}^p (x_{iv} - x_{jv})^2}$$

173

174

A distância generalizada de Mahalanobis é a distância generalizada entre dois indivíduos  $x_i$  e  $x_j$ ,  $i \neq j$ , definida por:

176

177

$$d(x_i, x_j) = (x_i - x_j)' S^{-1} (x_i - x_j)$$

178

179

em que  $S$  é a matriz de covariâncias.

180

181

182

183

184

185

186

187

Para certificar-se de que os agrupamentos realmente diferem entre si, foi necessário validar os agrupamentos hierárquicos. Foi observado o coeficiente de correlação cofenética e realizada a aplicação da análise de variância multivariada (MANOVA) para verificar se existe diferença estatisticamente significativa entre os vetores médios dos grupos. A associação entre as medidas de dissimilaridade foi estimada pela correlação de Spearman (STEEL; TORRIE, 1980). O coeficiente de correlação cofenética (CCC) que mede o grau de ajuste entre a matriz de similaridade original e a matriz resultante da simplificação proporcionada pelo método de agrupamento (matriz cofenética  $C$ ) foi obtido pela expressão:

188

189

190

$$r_{cof} = \frac{\sum_{j=1}^{n-1} \sum_{j'=j+1}^n (c_{jj'} - \bar{c})(f_{jj'} - \bar{f})}{\sqrt{\sum_{j=1}^{n-1} \sum_{j'=j+1}^n (c_{jj'} - \bar{c})^2} \sqrt{\sum_{j=1}^{n-1} \sum_{j'=j+1}^n (f_{jj'} - \bar{f})^2}}$$

191

192

sendo que,

193

194

$$\bar{c} = \frac{2}{n(n-1)} \sum_{j=1}^{n-1} \sum_{j'=j+1}^n c_{jj'}$$

195

196

e

197

198

$$\bar{f} = \frac{2}{n(n-1)} \sum_{j=1}^{n-1} \sum_{j'=j+1}^n f_{jj'}$$

199

200

201

202

203

204

Quanto maior o valor obtido para o CCC, menor será a distorção provocada pelo agrupamento dos animais. Segundo ROHLF (1970), na prática, fenogramas com CCC menor que 0,8 indicariam a inadequação do método de agrupamento para resumir a informação do conjunto de dados, sendo esse o critério adotado neste estudo conjuntamente com a representação do dendrograma, para a escolha do melhor método.

205

206

207

Todas as análises estatísticas foram realizadas com emprego do software estatístico R (*THE R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2008*).

## 208 Resultados

209

210

211

212

213

214

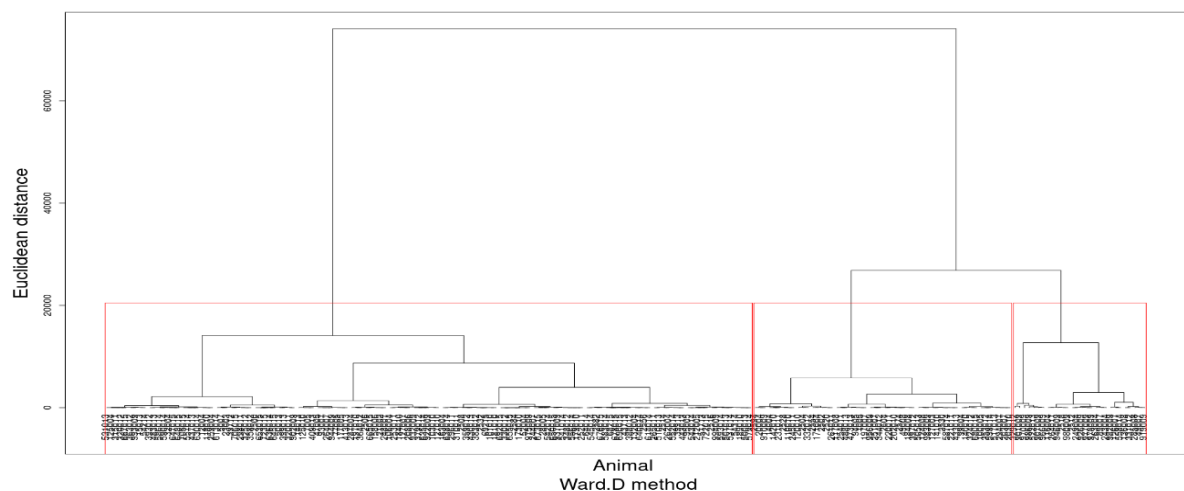
215

216

217

218

Com base nas estimativas das distâncias Euclidiana e distância generalizada de Mahalanobis entre os indivíduos, a partir dos dados padronizados, foi realizada a análise de agrupamento pelos três algoritmos (Ward, Ward D2, *Average*) da técnica hierárquica e uma inspeção visual dos dendrogramas pode ser feita com base nas Figuras 1, 2, 3, 4, 5 e 6. O dendrograma uniu os indivíduos semelhantes como pode ser identificado ao observar simultaneamente os gráficos anteriormente obtidos. Ressalta-se que com algoritmo Ward e Ward D2 com distância Euclidiana, os animais alocados como resistentes foram os mesmos (Tabela 1).



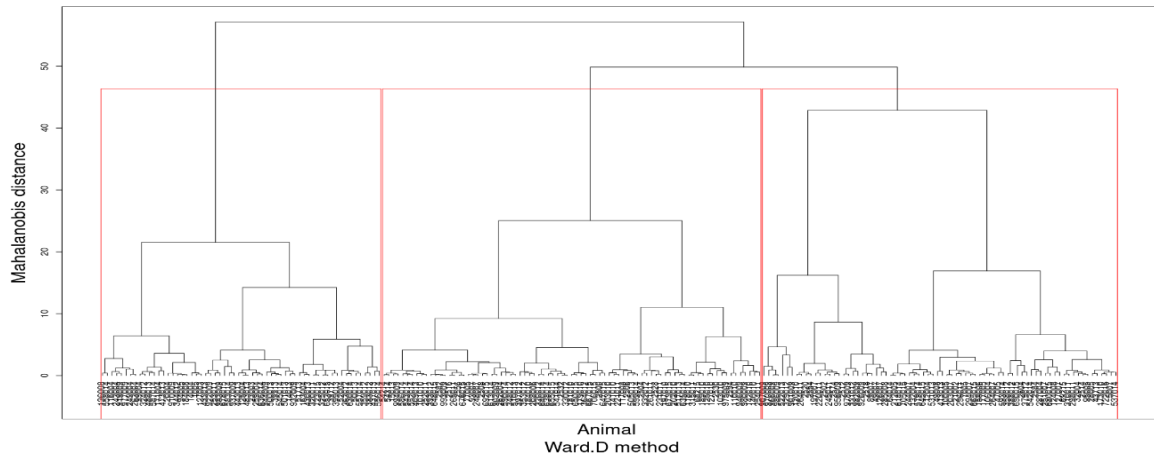
219

220

221

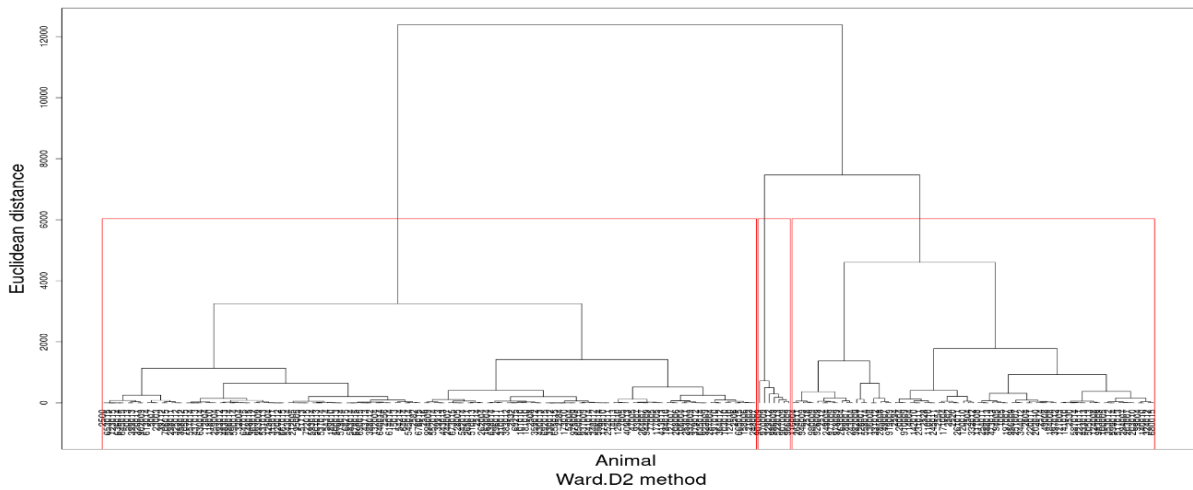
222

Figura 01 - Dendrograma resultante da análise de agrupamento obtido com o algoritmo "Ward" com base na distância Euclidiana.



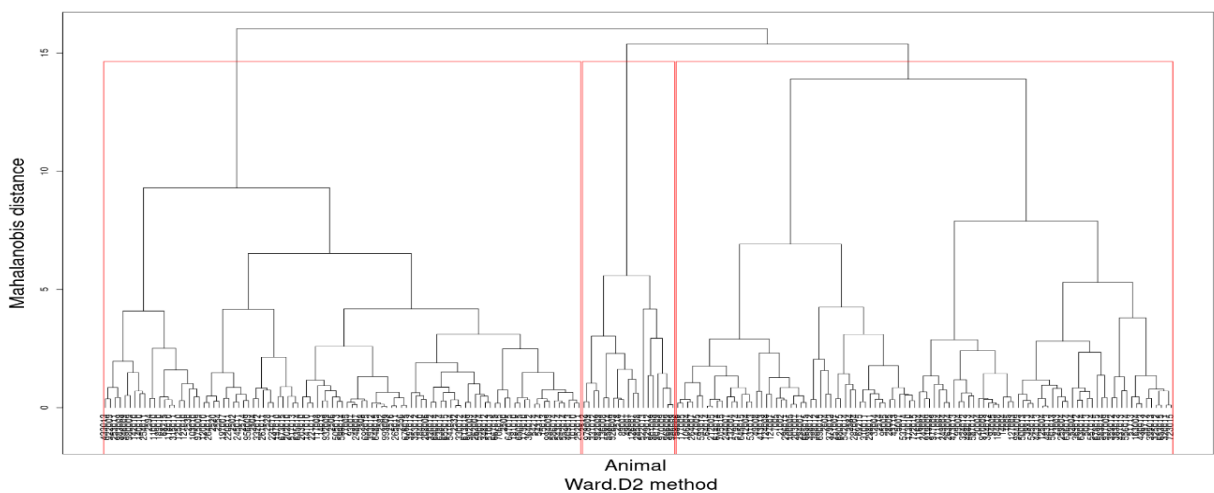
223  
224  
225  
226  
227

Figura 02 - Dendrograma resultante da análise de agrupamento obtido com o algoritmo “Ward” com base na distância generalizada de Mahalanobis.



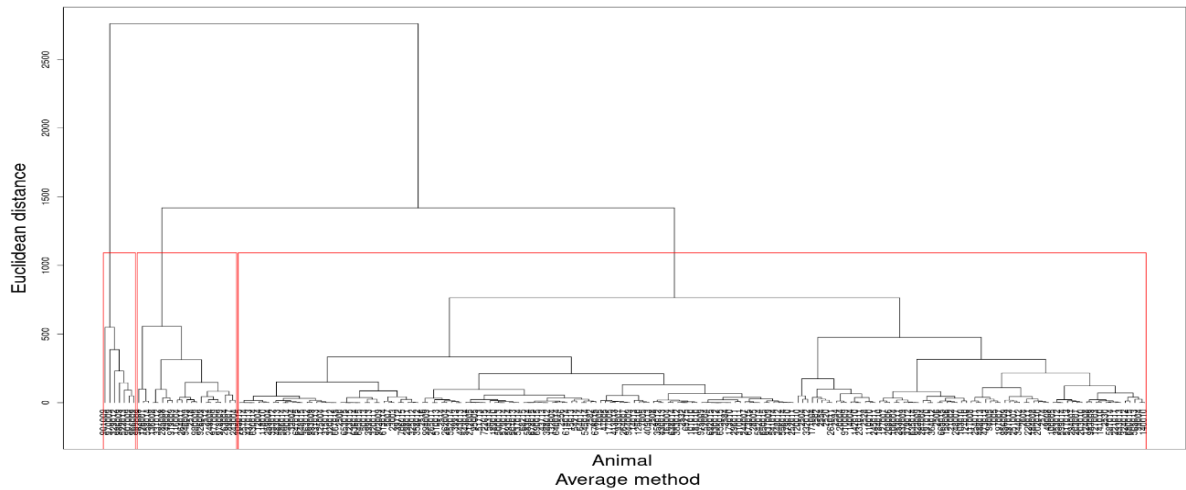
228  
229  
230  
231  
232

Figura 03 - Dendrograma resultante da análise de agrupamento obtido com o algoritmo “Ward D2” com base na distância Euclidiana.



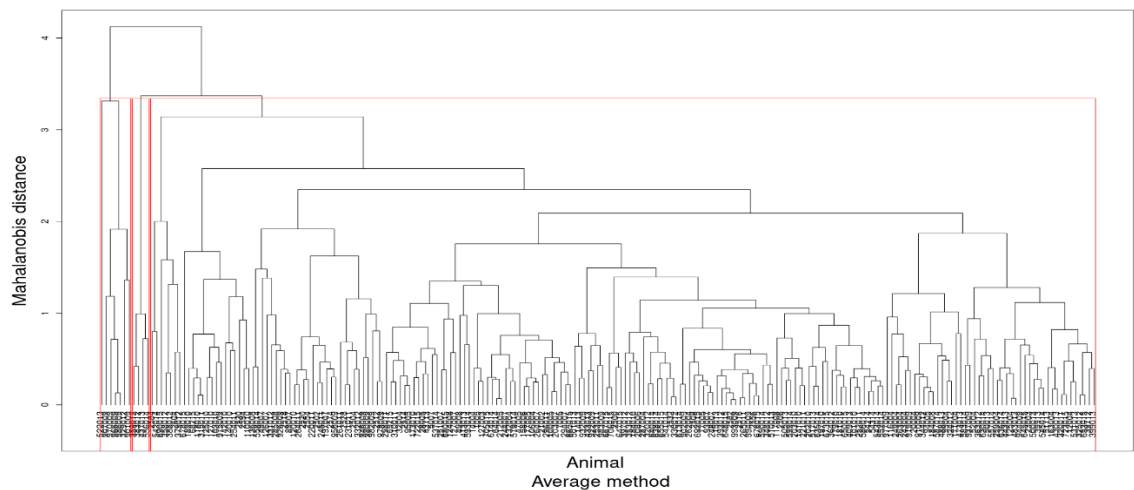
233  
234  
235  
236

Figura 04 - Dendrograma resultante da análise de agrupamento obtido com o algoritmo “Ward D2” com base na distância generalizada de Mahalanobis.



237  
238  
239  
240  
241

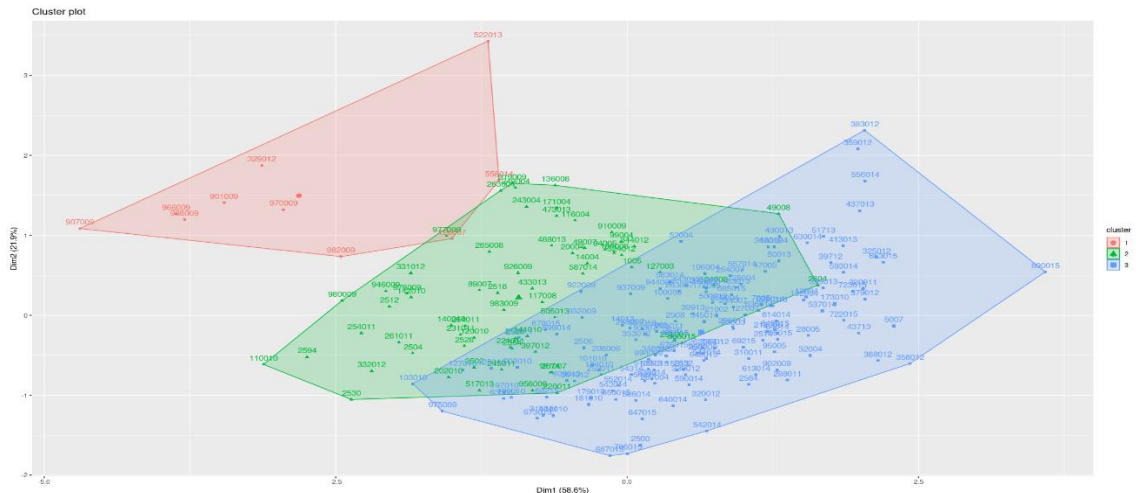
Figura 05 - Dendrograma resultante da análise de agrupamento obtido com o algoritmo “Average” com base na distância Euclidiana.



242  
243  
244  
245  
246  
247

Figura 06 - Dendrograma resultante da análise de agrupamento obtido com o algoritmo “Average” com base na distância generalizada de Mahalanobis.





248

249

Figura 07 - Dispersão resultante da análise de agrupamento obtido com o algoritmo “*k-means*” (1 – Sensível; 2 – Resiliente; 3 – Resistente).

250

251

252

253

254

255

256

257

258

A utilização de métodos não-paramétricos na análise de variância multivariada (MANOVA) é resultante do fato que as pressuposições necessárias para utilização dos métodos paramétricos não foram satisfeitas, possivelmente pela natureza das variáveis avaliadas. Os testes foram significativos no nível de 1% probabilidade, evidenciando que modelos testados possuem efeitos diferentes quanto aos métodos, adotando-se as distancias Euclidiana e generalizada de Mahalanobis ( $p < 0.01$ ).

259

260

261

262

A análise descritiva das características (OPG), (ECC) e FAMACHA© em função da classificação para a característica resistência à verminose (RV) segundo diferentes algoritmos de agrupamento hierárquico (Tabela 1) com diferentes matrizes de distâncias e não hierárquico (Tabela 2) em caprinos da raça Anglonubiana indicam consistência na formação dos grupos.

263

264

265

266

267

268

269

Em relação à avaliação do grau de ajuste entre as matrizes de dissimilaridade e as matrizes resultantes dos agrupamentos, para a formação dos dendrogramas, foi estimado o coeficiente de correlação cofenética (Tabela 3). Os valores das correlações cofenéticas foram de baixa magnitude para os algoritmos de agrupamento Ward ( $r=0,60$ ) e ( $r=0,45$ ) e Ward D2 ( $r=0,63$ ) e ( $r=0,51$ ), com matriz de dissimilaridade Euclidiana e generalizada de Mahalanobis, respectivamente. Diante disso, é possível supor que o método de agrupamento Ward e Ward D2 apresentam distorções significativas nos dendrogramas obtidos.

270

271

272

Foram observados valores de correlação cofenética com o método *Average* igual a 0,90 com a Distância Euclidiana e 0,75 com a generalizada de Mahalanobis. Isso mostra que há uma boa representação das matrizes de similaridade na forma de dendrograma. Nesse caso, a

273 correlação cofenética permite fazer uma clara distinção entre os métodos Ward, Ward D2 e  
274 *Average*, quanto aos dendrogramas obtidos com as diferentes distâncias avaliadas.

275 Com a aplicação da análise discriminante, observou-se que a melhor discriminação da  
276 classificação da RV (resistente, resiliente, sensível) foi com o algoritmo *Average* utilizando a  
277 distância Euclidiana, resultando em 99,5% de percentual de classificação correta dos caprinos  
278 em cada classe (Tabela 4).

279

280

281

282

283

284

285

286

287

288

289

290

291 **Tabela 1** – Estatística descritiva das características ovos por grama de fezes (OPG), escore da condição corporal (ECC) e FAMACHA© em função  
 292 da classificação para a característica resistência à verminose (RV) segundo diferentes algoritmos de agrupamento hierárquico com diferentes  
 293 matrizes de distâncias em caprinos da raça Anglonubiana.

Algoritmo	Característica	Classificação RV	Distância Euclidiana				Distância generalizada de Mahalanobis					
			N	Média	DP	Mínimo	Máximo	N	Média	DP	Mínimo	Máximo
Ward	OPG	Resistente	135	493,90	237,07	50,00	950,00	81	758,80	451,94	50,00	1918,80
		Resiliente	54	1308,00	207,34	1000,00	1730,00	60	884,80	675,19	50,00	2650,00
		Sensível	28	2516,00	700,87	1850,00	4100,00	76	1226,90	996,77	100,00	4100,00
	ECC	Resistente	135	2,62	0,52	1,67	4,25	81	2,11	0,29	1,47	2,61
		Resiliente	54	2,26	0,49	1,47	3,30	60	2,98	0,41	2,21	4,25
		Sensível	28	2,26	0,46	1,50	3,33	76	2,49	0,49	1,50	3,50
	Famacha	Resistente	135	3,28	0,50	1,50	4,50	81	3,64	0,46	3,00	5,00
		Resiliente	54	3,65	0,55	2,00	5,00	60	3,64	0,33	3,00	4,50
		Sensível	28	3,84	0,46	2,85	5,00	76	3,08	0,60	1,50	5,00
Ward D2	OPG	Resistente	135	493,90	237,07	50,00	950,00	101	723,50	517,42	50,00	2233,30
		Resiliente	75	1543,00	436,99	1000,00	2662,00	97	848,00	477,67	50,00	1919,00
		Sensível	7	3629,00	273,40	3229,00	4100,00	19	2761,00	729,96	1893,00	4100,00
	ECC	Resistente	135	2,62	0,52	1,67	4,25	101	2,92	0,38	1,87	4,25
		Resiliente	75	2,28	0,46	1,47	3,30	97	2,10	0,30	1,47	2,63
		Sensível	7	2,03	0,62	1,50	3,33	19	2,15	0,51	1,50	3,33
	Famacha	Resistente	135	3,29	0,50	1,50	4,50	101	3,21	0,55	1,50	4,50
		Resiliente	75	3,67	0,51	2,00	5,00	97	3,63	0,44	3,00	5,00
		Sensível	7	4,19	0,62	3,50	5,00	19	3,80	0,51	2,84	5,00
Average	OPG	Resistente	189	726,60	433,91	50,00	1737,50	4	535,00	193,30	250,00	660,00
		Resiliente	21	2146,00	250,62	1855,00	2662,00	206	875,00	601,37	50,00	2661,50
		Sensível	7	3629,00	273,40	3229,00	4100,00	7	3629,00	237,40	3229,00	4100,00
	ECC	Resistente	189	2,52	0,54	1,47	4,25	4	4,01	0,20	3,80	4,25
		Resiliente	21	2,34	0,37	1,87	2,90	206	2,47	0,48	1,47	3,50
		Sensível	7	2,01	0,62	1,50	3,33	7	2,01	0,62	1,50	3,33
	Famacha	Resistente	189	3,39	0,54	1,50	5,00	4	3,37	0,12	3,20	3,50
		Resiliente	21	3,73	0,38	2,85	4,50	206	3,43	0,54	1,50	5,00
		Sensível	7	4,19	0,52	3,50	5,00	7	4,19	0,52	3,50	5,00

294 N – Número de indivíduos; DP – desvio padrão.

295

296 **Tabela 2** – Estatística descritiva das características ovos por grama de fezes (OPG), escore da condição corporal (ECC) e FAMACHA© em função  
 297 da classificação para a característica resistência à verminose (RV) com algoritmo de agrupamento não hierárquico em caprinos da raça  
 298 Anglonubiana.

Algoritmo	Característica	Classificação RV	N	Média	DP	Mínimo	Máximo
<i>k-means</i>	OPG	Resistente	141	515,90	254,45	50,00	1025,00
		Resiliente	66	1542,00	370,56	1033,00	2350,00
		Sensível	10	3327,00	535,77	2556,00	4100,00
	ECC	Resistente	141	2,61	0,51	1,67	4,25
		Resiliente	66	2,27	0,47	1,47	3,29
		Sensível	10	2,01	0,55	1,50	3,33
	FAMACHA©	Resistente	141	3,29	0,49	1,50	4,50
		Resiliente	66	3,69	0,52	2,00	5,00
		Sensível	10	4,03	0,53	3,38	5,00

299 N – Número de indivíduos; DP – desvio padrão.

300

301

302 **Tabela 03** - Coeficientes de correlação cofenética e número de grupos sugeridos em função do algoritmo de agrupamento com diferentes matrizes  
 303 de distâncias para classificação da característica resistência a verminose em caprinos.

Algoritmo	Distância / Número de grupos sugeridos	
	Euclidiana	Generalizada de Mahalanobis
Ward	0,60 / (Dunn = 3)	0,45 / (Dunn = 4)
Ward D2	0,63 / (Dunn = 4)	0,51 / (Dunn = 4)
<i>Average</i>	0,90 / (Dunn = 2)	0,75 / (Dunn = 2)

304

305

306

307

308

309 **Tabela 4** – Análise discriminante segundo os diferentes algoritmos de agrupamentos hierárquicos e não hierárquico para classificação da resistência  
 310 a verminose (RV) em caprinos da raça Anglonubiana.

Algoritmo	Classificação (RV)	N	Análise discriminante			Acerto (%)	Acerto global (%)
			Resistente	Resiliente	Sensível		
Ward (Dist. Euclidiana)	Resistente	135	135	0	0	100	93,55
	Resiliente	54	6	48	0	88,89	
	Sensível	28	8	0	20	71,43	
Ward (Dist Gen. Mahanalobis)	Resistente	81	76	0	5	93,83	85,71
	Resiliente	60	5	49	6	81,67	
	Sensível	76	5	10	61	80,26	
Ward D2 (Dist. Euclidiana)	Resistente	135	135	0	0	100	95,85
	Resiliente	75	9	66	0	88,00	
	Sensível	7	0	0	7	100	
Ward D2 (Dist. Gen. Mahanalobis)	Resistente	101	94	3	0	96,91	93,09
	Resiliente	97	6	92	3	91,09	
	Sensível	19	3	0	16	84,21	
<i>Average</i> (Dist. Euclidiana)	Resistente	189	188	1	0	99,47	99,54
	Resiliente	21	0	21	0	100	
	Sensível	7	0	0	7	100	
<i>Average</i> (Dist. Gen. Mahanalobis)	Resistente	4	7	0	0	100	98,62
	Resiliente	206	2	204	0	99,03	
	Sensível	7	0	1	3	75,00	
*Agrupamento K-means	Resistente	141	135	0	0	100	95,39
	Resiliente	66	8	62	0	88,57	
	Sensível	10	0	2	10	83,33	

311

312

313

## 314 **Discussão**

315

316 A análise não-paramétrica tem sido usada na análise de variância multivariada quando  
317 as pressuposições necessárias para a utilização dos métodos paramétricos tradicionais não  
318 foram satisfeitas. As condições para a realização do teste multivariado podem não ser atendidas  
319 devido, dentre outros motivos, à natureza das características, por exemplo, o OPG, ECC e  
320 FAMACHA não apresentar normalidade. Entretanto, em relação a isso, na formação do Banco  
321 de dados do rebanho avaliado, para minimizar a influência do avaliador que não era o mesmo  
322 em anos consecutivos, os valores do ECC e do Famacha foram obtidos como média de três  
323 avaliadores. Com isso pode ter menor colinearidade e independência entre medidas no mesmo  
324 animal.

325 A discrepância entre a distância Euclidiana e distância generalizada de Mahalanobis  
326 pode ser mais bem visualizada através da análise de seus correspondentes dendrogramas,  
327 oriundos da análise de agrupamento utilizando os diferentes algoritmos hierárquicos e não  
328 hierárquico (Figuras 1 a 7). A baixa correlação observada entre a distância Euclidiana e de  
329 Mahalanobis e as suas inconsistências quando utilizadas no estabelecimento de agrupamentos  
330 caracterizam estas duas estimativas como medidas de dissimilaridade diferentes.

331 Ao recorrer a análise gráfica de agrupamento pelo algoritmo *k-means* (Figura 7), se  
332 observa no *cluster plot* a sobreposição de grande quantidade de animais que foram classificados  
333 simultaneamente como resistente e resiliente. O ocorreu entre sensível e resiliente, em menor  
334 proporção. Ressalta-se que o agrupamento conduz à perda de informações ao nível de  
335 indivíduos, restando apenas informações sobre grupos similares.

336 Nesse estudo a resposta das cabras à infecção por verminoses é avaliada de forma indireta,  
337 com base na variação conjunta no OPG, ECC e FAMACHA mensurados em cabras durante  
338 período que se encontravam em fase reprodutiva (gestação e lactação). O interesse foi  
339 evidenciar bem a expressão de fenótipos extremos, para serem relacionados com a Resistencia  
340 e a Sensibilidade. E, intermediando os dois tem-se a expressão de Resiliência, que consiste no  
341 animal mesmo parasitado, conseguir manter níveis bons de produção. Essa classe é abordada  
342 por Bishop (2012) e Hayward *et al.* (2014), como indicação de tolerância ao parasitismo.

343 A relação entre as características envolvidas nesse estudo, OPG e Famacha que se  
344 correlacionam positivamente entre si e ambas correlacionam negativamente com o ECC,  
345 condiciona ocorrer vantagens ao serem usadas em conjunto (CASTRO *et al.*, 2018).

346 A utilização de uma ou outra técnica vai ao encontro dos objetivos do pesquisador e da  
347 situação em que os experimentos foram conduzidos. Sendo assim, Cruz e Regazzi (1997),

348 recomendam a utilização da distância Euclidiana em experimentos que não contemplam  
349 repetição, por ser difícil a quantificação da influência do ambiente que atua sobre as  
350 constituições genéticas. Esta técnica é recomendada para em situações que existam um número  
351 considerável de indivíduos, o que inviabiliza a utilização de delineamento experimental, fator  
352 este provavelmente responsável pelas diferenças observadas entre as técnicas avaliadas (Tabela  
353 1).

354 De forma geral, os dendrogramas de Ward e Ward D2 apresentaram estruturas de  
355 agrupamentos similares (Figura 1, 2, 3 e 4). Embora a estrutura geral destes dois agrupamentos  
356 seja parecida, pode-se observar que existem grandes alterações em função do agrupamento dos  
357 animais (Tabela 1), ou seja, os animais que estão dentro do mesmo grupo podem ser agrupados  
358 em outro, quando outro algoritmo de agrupamento é utilizado. Isso fica evidente com a análise  
359 discriminante (Tabela 4).

360 Embora não exista um critério objetivo para determinar um ponto de corte no  
361 dendrograma, ou seja, para determinar quais grupos foram formados, nota-se que, de forma  
362 geral, as estruturas de agrupamento dos dendrogramas para resistência à verminose apresentam  
363 diferenças em relação às estruturas apresentadas. Esses resultados são coerentes com o que foi  
364 apresentado por Lima *et al.* (2021). Isso deixa evidente que as diferentes características (OPG,  
365 ECC e FAMACHA) influenciam na formação e estrutura de agrupamento de classificação da  
366 característica resistência a verminose.

367 Cabe destacar que quanto maior o valor obtido para o CCC, menor será a distorção  
368 provocada pelo agrupamento dos animais. Segundo Rohlf (1970), na prática, fenogramas com  
369 CCC menor que 0,7 indicariam a inadequação do método para resumir a informação do  
370 conjunto de dados, sendo esse um dos critérios adotados nesse estudo, conjuntamente com  
371 representação de dendrogramas, para a escolha do melhor método ou indicação de sua  
372 adequação para atender aos objetivos propostos. Foram observados valores de correlação  
373 cofenética com o algoritmo *Average* igual a 0,90 e 0,75 adotando-se a distância Euclidiana e  
374 generalizada de Mahalanobis, respectivamente (Tabela 3). Isso mostra que há uma boa  
375 representação das matrizes de similaridade na formação do dendrograma (Figura 5). Nesse caso,  
376 a correlação cofenética permite fazer uma clara distinção entre os métodos Ward, Ward D2 e  
377 *Average*, quanto aos dendrogramas obtidos (Figuras 1 a 6).

378 Com o algoritmo de Ward a medida de similaridade usada para juntar agrupamentos foi  
379 calculada como a soma de quadrados entre os dois agrupamentos feita sobre todas as variáveis,  
380 com isso, esse método tende a resultar em agrupamentos de tamanhos aproximadamente iguais  
381 devido a minimização de variação interna. Assim, em tese, esse é o algoritmo que forma grupos

382 de maneira a atingir sempre o menor erro interno entre os vetores que compõe cada grupo e o  
383 vetor médio do grupo. Isto equivale a buscar o mínimo desvio padrão entre os dados de cada  
384 grupo (HAIR *et al.*, 2005). Provavelmente a superioridade do algoritmo *Average* seja em razão  
385 das restrições impostas nos dados, considerando-se apenas cabras com 2 ou 3 ordens de parto,  
386 reduzindo a presença de *outliers* que desviariam as médias, uma vez que o algoritmo de ligação  
387 *Average* é menos sensível a ruídos e *outliers*.

388 A análise discriminante, realizada com base nos três grupos encontrados na análise de  
389 agrupamento, determinou funções que permitem classificar novas unidades amostrais dentro  
390 dos grupos para os quais apresentem maior probabilidade de pertencer, permitindo também  
391 verificar a precisão da classificação por *Cluster* e indicar os animais classificados  
392 incorretamente. Assim, com a análise discriminante (Tabela 4) o problema relacionado com a  
393 classificação da RV ao alocar os indivíduos, de forma assertiva, em grupos previamente  
394 definidos é diminuído substancialmente. Contudo, nem sempre as duas técnicas empregadas  
395 estabeleceram a mesma formação de grupos e não concordaram na identificação de qual  
396 combinação *intracluster* específica, dentre as muitas possíveis, é a mais divergente.

397 Por ser uma técnica exploratória, caracterizada como descritiva, sem base teórica e não  
398 inferencial não se pode generalizar conclusões de uma amostra para população. Logo, como  
399 método exploratório, a ideia foi gerar hipóteses, mais que testá-las, sendo a validação um passo  
400 muito importante dessa técnica para não comprometer análises posteriores. Com isso, tem-se  
401 uma indicação da importância que assume a resistência ou sensibilidade da cabra a verminose,  
402 justificando bem a busca de animais resistentes nos rebanhos. Entretanto, observa-se que a  
403 média da mesma característica verificada na classe Resistente diferiu muito de um método para  
404 outro (Tabela 1 e Tabela 2), exceto para o método Ward e Ward D2, quando comparados entre  
405 si. Usando o OPG como exemplo para ilustrar, observa-se que a média variou de um método  
406 para outro, em consequência de ser diferente a quantidade de animais que os métodos alocam  
407 em cada grupo.

408 Uma consequência mais direta disso e que foi observada nesse rebanho, é o aumento da  
409 taxa de mortalidade de cabras, impactando negativamente no tempo de permanência delas no  
410 rebanho, conforme constatação feita por Lima *et al.*, (2021). Já os animais resilientes podem  
411 esporadicamente apresentar alta capacidade de contaminação de pastagens, consequentemente,  
412 podem contribuir de forma também esporádica para aumentar a taxa de mortalidade de cabras.

413 De acordo com o estudo de Hayward *et al.*, (2014) constataram evidências de seleção  
414 fenotípica positiva na tolerância, sendo que os indivíduos que perderam peso mais lentamente  
415 com o aumento da carga parasitária, tiveram maior sucesso reprodutivo ao longo da vida. Mas



416 não constatarem base genética aditiva para a variação, mesmo assim consideraram que a seleção  
417 por tolerância opera em condições naturais. Assim, se consideramos que evitar a disseminação  
418 de doenças deve fazer parte das boas práticas do manejo sanitário, uma medida simples poderia  
419 ser constar nas estratégias de manejo do rebanho, o uso de informações de OPG, ECC e  
420 Famacha, a serem trabalhadas com os recursos avaliados nesse estudo, de modo a indicar que  
421 a sensibilidade a verminose é uma fragilidade do animal que aumenta o risco de morte, que o  
422 torna passível de descarte.

423 A cabra que apresenta resistência a verminose é mais estável funcionalmente e manifesta  
424 menos oscilação da condição corporal ou menos influência do parasitismo na variação do ECC  
425 ao longo da vida reprodutiva (ver desvios padrão na tabela 1, em relação a animais com  
426 sensibilidade ou resiliência quando expostas ao parasitismo). Segundo Hayward *et al.* (2014),  
427 a associação negativa entre a carga do nematoide e o peso corporal tem com causa a anorexia  
428 induzida pelo parasita, decorrente de danos na parede intestinal que tem a diarreia como sinal  
429 clínico e como consequência diminuição da absorção de proteína.

430

### 431 **Considerações Finais**

432

433 O agrupamento pelo algoritmo *Average* com distância Euclidiana possibilitou melhores  
434 inferências sobre a dissimilaridade e classificação da característica resistência a verminose em  
435 caprinos.

436 A análise discriminante possibilitou a classificação de novos animais nos grupos  
437 formados pela análise de agrupamento.

438

### 439 **Referências**

440

441 Albers, G. A. A. *et al.* The effect of *Haemonchus contortus* infection on haematological  
442 parameters in young merino sheep and its significance for productivity. *Animal Production*, v.  
443 50, n.1, p. 99-109, 1990. Disponível em: <https://www.cambridge.org/core/journals/animal-science/article/abs/effect-of-haemonchus-contortus-infection-on-haematological-parameters-in-young-merino-sheep-and-its-significance-for-productivity/C0449E6C751641A541EA22615BC2CEAD>. Acesso em: 21 ago. 2021.

447

448 Albers, G. A. A. *et al.* The genetics of resistance and resilience to *Haemonchus contortus*  
449 infection in young merino sheep. *International Journal for Parasitology*, v. 17, n. 7, p. 1355-  
450 1363, 1987. Disponível em:  
451 <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0020751987901032>. Acesso em: 21  
452 ago. 2021.

- 453 Amarante, A. F. T. *et al.* Resistance off Santa Inês and crossbred ewes to naturally acquired  
454 gastrointestinal nematode infections. *Veterinary Parasitology*, Amsterdam, v. 165, n.3-4, p.  
455 273–80, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2009.07.009>. Acesso em: 21  
456 ago. 2021.
- 457
- 458 Araújo, J. I. M. Estudo genético da resistência a verminoses gastrintestinais em ovinos. 2017.  
459 86f. Dissertação (Pós-Graduação em Zootecnia), Universidade Federal do Piauí, Bom Jesus,  
460 2017.
- 461
- 462 Assenza, F. *et al.* Genetic parameters for growth and faecal worm egg count following  
463 *Haemonchus contortus* experimental infestations using pedigree and molecular information.  
464 *Genetic Selection Evolution*, v. 46, n.13, p. 1-9, 2014. Disponível em:  
465 <http://dx.doi.org/2.3186/1297-9686-46-13>. Acesso em: 21 ago. 2021.
- 466
- 467 Barbosa, L. P. *et al.* Influência da condição corporal ao parto no balanço energético e  
468 desempenho reprodutivo de cabras leiteiras no pós-parto. *Arquivo Brasileiro de Medicina*  
469 *Veterinária e Zootecnia*, v. 68, n. 5, p.1283-1291, 2016. Disponível em:  
470 <https://doi.org/10.1590/1678-4162-8371>. Acesso em: 21 ago. 2021.
- 471
- 472 Bassetto, C. C.; Silva, B. F.; Fernandes, S.; Amarante, A. F. T. Contaminação da pastagem  
473 com larvas infectantes de nematoides gastrintestinais após o pastejo de ovelhas resistentes ou  
474 susceptíveis à verminose. *Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária*, Jaboticabal, v. 18, n.  
475 4, p. 63-68, out./dez, 2009. Disponível em:  
476 <https://www.scielo.br/j/rbpv/a/BFVgGWSF4XGCWGFv5m3K3VS/?lang=pt&format=pdf>.  
477 Acesso em: 20 ago. 2021.
- 478
- 479 Birgel, D. B. *et al.* Evaluation of the erythrocyte pattern and the repercussions of anemic  
480 status in white blood cells of goats with gastrointestinal helminthiasis. *Pesq Vet Bras*, v.34,  
481 n.3, p.199–204, 2014. Disponível em:  
482 <https://www.scielo.br/j/pvb/a/8pGtg35S4zDx84FxpJgLZcr/?lang=pt&format=pdf>. Acesso  
483 em: 21 ago. 2021.
- 484
- 485 Bishop, S. C. A consideration of resistance and tolerance for ruminant nematode infections.  
486 *Frontiers in Genetics*. v.3, n.1, 168, 2012. Disponível em:  
487 <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3522420/>. Acesso em: 21 ago. 2021.
- 488
- 489 Bitar, S. D.; Campos, C. P.; Freitas, C. E. C. Applying fuzzy logic to estimate the parameters  
490 of the length-weight relationship. *Braz. J. Biol.*, 6. v. 76, n. 3, p. 611-618, 2016. Disponível  
491 em: <https://www.scielo.br/j/bjb/a/dHmyXQfQ3yy3BVVVrDMJwxd/?lang=en&format=pdf>.  
492 Acesso em: 21 ago. 2021.
- 493
- 494 Borges, L. S. *et al.* Gestão zootécnica e genética informatizadas em pequenos ruminantes:  
495 uma revisão. *Medicina Veterinária (UFRPE)*, Recife, v.13, n.2, p.251-257, 2019. Disponível  
496 em:  
497 <http://www.journals.ufrpe.br/index.php/medicinaveterinaria/article/view/3083/482483355>.  
498 Acesso em: 21 ago. 2021.
- 499
- 500 Borges, L. S. Programa de Computador, número de registro BR517000024-7. Instituto  
501 Nacional de Propriedade Industrial, 2017. Disponível em: <https://easii.ufpi.br/capriovi>.  
502 Acesso em: 21 ago. 2021.

- 503 Castro, O. C. C. *et al.* Módulo computacional para indicação de tratamento anti-helmíntico  
504 em caprinos e ovinos. Anais da Escola Regional de Informática do Piauí. Teresina – PI. 2018,  
505 p.1-6. Disponível em: <https://sol.sbc.org.br/index.php/eripi/article/view/5180/5086>. Acesso  
506 em: 21 ago. 2021.
- 507
- 508 Coelho, W. A. C. *et al.* Resistência anti-helmíntica em caprinos no município de Mossoró,  
509 RN. Ciência Animal Brasileira, v.11, n.3, p.589-599, 2010. Disponível em:  
510 <https://www.revistas.ufg.br/index.php/vet/article/view/5389>. Acesso: 20 ago. 2021.
- 511
- 512 Costa Júnior, G. S. *et al.* Efeito de vermifugação estratégica, com princípio ativo à base de  
513 Ivermectina na incidência de parasitos gastrintestinais no rebanho caprino da UFPI. Ciência  
514 Animal Brasileira, v.6, n.4, p.279-286, 2006. Disponível em:  
515 <https://www.revistas.ufg.br/vet/article/view/373>. Disponível em: 20 ago. 2021.
- 516
- 517 Costa, V. M. M.; Simões, S. V. D.; Riet-Correa, F. Controle das parasitoses gastrintestinais  
518 em ovinos e caprinos na região semiárida do Nordeste do Brasil. Pesquisa Veterinária  
519 Brasileira, v.31, n.1, p. 65-71, jan, 2011.
- 520
- 521 Coutinho, R. M. A. Marcadores fenotípicos para caracterização de caprinos com diferentes  
522 níveis de resistência as endoparasitoses gastrintestinais. Dissertação (Mestre em produção  
523 animal). Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Macaíba - RN, 2012.
- 524
- 525 Cruz, C. D.; Regazzi, A. J. Métodos biométricos aplicados ao melhoramento genético.  
526 Viçosa: UFV, 1997. 390p.
- 527
- 528 Dobson, R. J. *et al.* Minimizing the development of anthelmintic resistance, and optimizing  
529 the use of the novel anthelmintic monepantel, for the sustainable control of nematode  
530 parasites in Australian sheep grazing systems. Australian Veterinary Journal, v.89, n.5,  
531 p.160- 166. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21495986/>. Disponível em: 20  
532 ago. 2021.
- 533
- 534 Doeschl-Wilson, A. B.; Villanueva, B.; Kyriazakis, I. The first step towards genetic selection  
535 for host tolerance to infectious pathogens: obtaining the tolerance phenotype through group  
536 estimates. Front Genet, v.14, n.3, p. 265, 2012. Disponível em:  
537 <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23412990/>. Acesso em: 21 ago. 2021.
- 538
- 539 Embrapa tecnologia. SARA (Software de Análise e Risco de Desenvolvimento de Resistência  
540 a Anti-helmínticos em ovinos), 2014. Disponível em: [https://www.embrapa.br/busca-de-  
541 solucoes-tecnologicas/-/produto-servico/1721/software-para-analise-de-risco-de-  
542 desenvolvimento-de-resistencia-parasitaria-a-anti-helminticos-em-ovinos---  
543 sara#:~:text=%C3%89%20uma%20ferramenta%20gratuita%2C%20on,resist%C3%Aancia%  
544 20parasit%C3%A1ria%20nos%20rebanhos%20ovinos](https://www.embrapa.br/busca-de-solucoes-tecnologicas/-/produto-servico/1721/software-para-analise-de-risco-de-desenvolvimento-de-resistencia-parasitaria-a-anti-helminticos-em-ovinos---sara#:~:text=%C3%89%20uma%20ferramenta%20gratuita%2C%20on,resist%C3%Aancia%20parasit%C3%A1ria%20nos%20rebanhos%20ovinos). Acesso em: 21 ago. 2021.
- 545
- 546 Gaulty, M. *et al.* Estimating genetic differences in natural resistance in Rhön and  
547 Merinoland sheep following experimental *Haemonchus contortus* infection. Vet Parasitol,  
548 v.106, n.1, p.106:55–67, 2002. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11992711/>.  
549 Acesso em: 21 ago. 2021.
- 550
- 551 Gordon, H.; Whitlock, H.V. A new technique for counting nematode eggs in sheep faeces.  
552 Journal Counc. Sci. Ind. Res, v.12, p.50–2, 1939. Disponível em:

- 553 [https://publications.csiro.au/rpr/download?pid=procite:21259a33-8a8e-4add-9315-](https://publications.csiro.au/rpr/download?pid=procite:21259a33-8a8e-4add-9315-f8338091a3e6&dsid=DS1)  
554 [f8338091a3e6&dsid=DS1](https://publications.csiro.au/rpr/download?pid=procite:21259a33-8a8e-4add-9315-f8338091a3e6&dsid=DS1). Acesso em: 21 ago. 2021.
- 555
- 556 Hayward, A. D. Causes and consequences of intra- and inter-host heterogeneity in defence  
557 against nematodes. *Parasit Immunol.* v.35, n.11, p.362–373, 2013. Disponível em:  
558 [https://www.researchgate.net/publication/249646293\\_Causes\\_and\\_consequences\\_of\\_intra-](https://www.researchgate.net/publication/249646293_Causes_and_consequences_of_intra_and_inter-host_heterogeneity_in_defence_against_nematodes)  
559 [\\_and\\_inter-host\\_heterogeneity\\_in\\_defence\\_against\\_nematodes](https://www.researchgate.net/publication/249646293_Causes_and_consequences_of_intra_and_inter-host_heterogeneity_in_defence_against_nematodes). Acesso em: 21 ago. 2021.
- 560
- 561 Hayward, A. D. *et al.* Natural selection on individual variation in tolerance of  
562 gastrointestinal nematode infection. *PLoS Biol*, v.12, p.e1001917, 2014. Disponível em:  
563 <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.1001917>. Acesso em: 20 ago. 2021.
- 564
- 565 Lavoranti, O. J. Estabilidade e adaptabilidade fenotípica através da reamostragem “Bootstrap”  
566 no modelo AMMI. 2003. 166f. Tese (Doutorado em Estatística e Experimentação  
567 Agrônômica) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2003.
- 568
- 569 Lima, C. M. M. *et al.* Gamma-Gompertz shared frailty model for analysis of the time of stay  
570 in an Anglo-Nubian goat herd. *Small Ruminant Research*, v.199, doi: 10.1016, 2021.  
571 Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0921448821000535>.  
572 Acesso em: 21 ago. 2021.
- 573
- 574 Machado, R. *et al.* Escore da condição corporal e sua aplicação no manejo reprodutivo de  
575 ruminantes. São Carlos, SP: Embrapa Pecuária Sudeste, 2008. 16p. (Circular Técnica, 57).
- 576
- 577 Maciel, F. C.; Nogueira, F. R. C.; Ahid, S. M. M. Manejo sanitário de caprinos e ovinos,  
578 p.391-426. *In: Confessor J.R. (Ed.). Criação Familiar de Caprinos e Ovinos no Rio Grande do*  
579 *Norte: orientações para visualização do negócio rural.* SINTEC, Emater/Embrapa, Empa RN,  
580 Natal, 2006.
- 581
- 582 Mcrae, K.M. *et al.* The host immune response to gastrointestinal nematode infection in sheep.  
583 *Parasite Immunol.* v.37, n.12, p.605–613, 2015. Disponível em:  
584 <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26480845/>. Acesso em: 21 ago. 2021.
- 585
- 586 Molento, M. B. Resistência de helmintos em ovinos e caprinos. *Revista Brasileira de*  
587 *Parasitologia Veterinária*, v.13, p.82-85, 2004. Disponível em:  
588 [https://www.researchgate.net/publication/284055595\\_Resistencia\\_de\\_helmintos\\_em\\_ovinos\\_](https://www.researchgate.net/publication/284055595_Resistencia_de_helmintos_em_ovinos_e_caprinos)  
589 [e\\_caprinos](https://www.researchgate.net/publication/284055595_Resistencia_de_helmintos_em_ovinos_e_caprinos). Acesso em: 20 ago. 2021.
- 590
- 591 Molento, M. B. *et al.* Frequency of treatment and production performance using the  
592 FAMACHA<sup>®</sup> method compared with preventive control in ewes. *Veterinary Parasitology*,  
593 v.162, n.3-4, p.314–319, 2009. Disponível em:  
594 [https://www.researchgate.net/publication/24280078\\_Frequency\\_of\\_treatment\\_and\\_productio](https://www.researchgate.net/publication/24280078_Frequency_of_treatment_and_production_performance_using_the_FAMACHA_method_compared_with_preventive_control_in_ewes)  
595 [n\\_performance\\_using\\_the\\_FAMACHA\\_method\\_compared\\_with\\_preventive\\_control\\_in\\_ewe](https://www.researchgate.net/publication/24280078_Frequency_of_treatment_and_production_performance_using_the_FAMACHA_method_compared_with_preventive_control_in_ewes)  
596 [s](https://www.researchgate.net/publication/24280078_Frequency_of_treatment_and_production_performance_using_the_FAMACHA_method_compared_with_preventive_control_in_ewes). Acesso em: 20 ago. 2021.
- 597
- 598 Molento, M. B.; Veríssimo, C.J.; Amarante, A.T. *et al.* Alternative techniques for the control  
599 of gastrointestinal nematodes in small ruminants. *Arquivo Inst. Biol.* v.80, n.2, p.253–63,  
600 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1808-16572013000200018>. Acesso em: 21  
601 ago. 2021.
- 602

- 603 Quirino, C. R. Correlations between weight, body condition score, Famacha, and eggs fecal  
604 counting in Santa Inez. *Actas Iberoamericanas de Conservación Animal- AICA*, v.1, p.319-  
605 322, 2011. Disponível em:  
606 [http://www.uco.es/conbiand/aica/templatemo\\_110\\_lin\\_photo/articulos/2011/Quirino2011\\_1\\_319\\_322.pdf](http://www.uco.es/conbiand/aica/templatemo_110_lin_photo/articulos/2011/Quirino2011_1_319_322.pdf). Acesso em: 21 ago. 2021.  
607  
608
- 609 Roberts, I. H. *et al.* Methods for egg counts and larval cultures for strongyles infesting the  
610 gastrointestinal tract of cattle. *Aust J Agric Res*, v.1, p.99–102, 1950. Disponível em:  
611 <https://www.scienceopen.com/document?vid=4e1c8485-d0fa-4cc7-95e6-8d6ec8aa9940>.  
612 Acesso em: 21 ago. 2021.  
613
- 614 Rodrigues, F. N. *et al.* Genetic parameters for worm resistance in Santa Inez sheep using the  
615 Bayesian animal model. *Animal Bioscience*, v.34, n.2, p.185-191, 2021. Disponível em:  
616 <https://www.animbiosci.org/upload/pdf/ajas-19-0634.pdf>. Acesso em: 20 ago. 2021.  
617
- 618 Rohlf, J. F. Adaptive Hierarchical Clustering Schemes. *Systematic Biology*, New Haven,  
619 vol. 19, n. 1, p. 58-82, mar., 1970. Disponível em: <https://academic.oup.com/sysbio/article-abstract/19/1/58/1647480?redirectedFrom=PDF>. Acesso em: 21 ago. 2021.  
620  
621
- 622 Santos, G.V. Estudo genômico aplicado ao melhoramento genético de ovinos tropicais para  
623 resistência à endoparasitas. 103f, 2018. Tese (Pós-Graduação em Ciência Animal) -  
624 Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2018.  
625
- 626 Silva, N. C. S. Efeitos ambientais que interferem no endoparasitismo em matrizes da raça  
627 Anglonubiana em Teresina – Piauí. 2011. 62p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) -  
628 Universidade Federal do Piauí, Teresina.  
629
- 630 Sotomaior, C. S. *et al.* Identificação de ovinos e caprinos resistentes e susceptíveis aos  
631 helmintos gastrintestinais. *Rev. Acad., Curitiba*, v. 5, n. 4, p. 397-412, out./dez. 2007.  
632 Disponível em: <https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:r6-WBrxWIEJ:https://periodicos.pucpr.br/index.php/cienciaanimal/article/download/10202/9617+&cd=1&hl=pt-BR&ct=clnk&gl=br>. Acesso em: 21 ago. 2021.  
633  
634  
635
- 636 Torres, T. S. Traditional and genomic methods applied to the genetic improvement of sheep  
637 for resistance to nematode infection. 2019. 85p. Thesis (Animal Science Doctorate) –  
638 Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2019.  
639
- 640 Vieira, L. S. Alternativas de Controle da Verminose Gastrintestinal dos Pequenos  
641 Ruminantes. Sobral: CNPC. 2003. 10p. (Circular Técnica, 29, ISSN 0100-9915).  
642  
643  
644  
645  
646  
647  
648  
649  
650

651 **5 CAPÍTULO 2**

652

653 **Poder discriminatório da Lógica *Fuzzy* para determinar a resistência a verminose em**  
654 **caprinos: Resistência, Resiliência e Sensibilidade**

655

656 Wellhington Paulo da Silva Oliveira<sup>1</sup>; Natanael Pereira da Silva Santos<sup>2</sup>; Adriana Mello de  
657 Araújo<sup>3</sup>

658

659 <sup>1</sup> Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal. Universidade Federal do Piauí. Teresina –  
660 PI. e-mail: wellhingtonoliveira@yahoo.com.br.661 <sup>2</sup> Universidade Federal do Piauí. Centro de Ciências Agrárias. Departamento de Zootecnia.  
662 Teresina-PI. e-mail: natanael@ufpi.edu.br.663 <sup>3</sup> Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA Pantanal. Corumbá-MS e-mail:  
664 adriana.araujo@embrapa.br.

665

666 **Resumo**

667

668 Identificar indivíduos que apresentam resistência a verminose é pode ser uma ferramenta  
669 importante para reduzir os prejuízos causados pela verminose em caprinos, selecionando-se  
670 aqueles animais que sofrem menor dano com a infestação natural de parasitos. Objetivou-se  
671 neste estudo avaliar a função discriminatória da lógica *Fuzzy* para obter o grau de resistência a  
672 verminose em caprinos, usando três medidas (ovos por grama de fezes - OPG, escore da  
673 condição corporal - ECC e Famacha©) contrastando à análise de agrupamento multivariado  
674 com o algoritmo *Average*. Foram utilizadas 3839 informações de OPG, ECC, Famacha no  
675 período de 2009 a 2019 do rebanho de caprinos do campo experimental do Departamento de  
676 Zootecnia-DZO, do Centro de Ciências Agrarias-CCA, da Universidade Federal do Piauí-  
677 UFPI. Para a obtenção dos valores de OPG, ECC e FAMACHA dos animais considerou-se a  
678 média de notas atribuídas por três avaliadores. Na edição dos dados, limitou-se a considerar  
679 informações de cabras de segunda e terceira ordem de parto, sendo utilizado a média das  
680 informações correspondentes. Como alternativa para identificar o grau de resistência aos  
681 parasitos gastrintestinais em caprinos, introduziu-se a utilização da lógica *Fuzzy* para a  
682 formação da característica resistência a nematoides gastrintestinais (RV). Para este fim, uma  
683 ferramenta utilizada foi o software CAPRIOVI (<https://easii.ufpi.br/capriovi>) (SARMENTO *et*  
684 *al.*, 2017), que é um sistema *web* voltado para gerenciamento de fazendas que dispõe de um

685 módulo computacional baseado na Lógica Fuzzy, que serve para auxiliar os criadores de  
686 caprinos e ovinos no diagnóstico da necessidade de tratamento anti-helmíntico. A fim de  
687 comparar a usabilidade da Lógica Fuzzy, foi lançada a comparação com a estratégia de análise  
688 de agrupamento, utilizando a matriz de distância Euclidiana entre indivíduos e utilizado o  
689 algoritmo hierárquico de dissimilaridade *Average* para determinação da característica  
690 resistência a verminose e consequentemente a classificação dos animais equivalente a realizada  
691 com a lógica *Fuzzy* (resistente, resiliente e sensível). As análises descritivas, de agrupamento  
692 multivariado e discriminantes foram realizadas com emprego do software estatístico R (*The R*  
693 *Development Core Team*, 2008). Os resultados obtidos demonstraram uma baixa correlação  
694 quando comparadas as classificações (Resistente, resiliente e sensível) propostas. De modo  
695 geral, houve elevação da média das 3 características quando o método multivariado foi adotado,  
696 em relação à lógica Fuzzy. Portanto, o algoritmo *Average* obteve maior número de animais  
697 classificados como resistentes (n=189) enquanto a Lógica Fuzzy o número de animais da classe  
698 Resistente (n=26) permitiu a classificação de Resilientes (n=109) e Sensíveis (n=82). Do ponto  
699 de vista do melhoramento genético, a proporcionalidade entre os grupos pode aumentar o  
700 desempenho do uso da característica RV no índice de seleção. Entretanto, observou-se com a  
701 abordagem da análise discriminante que a lógica Fuzzy apresenta menor percentual de acerto  
702 global (76,50%), enquanto o maior percentual (99,54%) de coincidência na discriminação dos  
703 animais foi dado pelo método *average* de agrupamento multivariado. Por sua vez, a  
704 concordância dos resultados da lógica Fuzzy com literaturas, leva a crer que a inteligência  
705 artificial insere na classificação em estudo, um componente de excelência zootécnica  
706 adicionável à excelência estatística presente nos métodos de agrupamento, além de maior  
707 facilidade computacional para os softwares adotados. Assim, conclui-se que a lógica Fuzzy  
708 permite a categorização do grau de resistência a verminose em caprinos, levando a ganhos  
709 devido a sua capacidade de simplicidade, flexibilidade e coerência nos resultados.

710

711 **Palavras Chave:** Análise discriminante; ECC; Famacha©, OPG; Inteligência artificial.

712

713 **Abstract**

714

715 Identifying individuals who are resistant to worms can be an important tool to reduce the  
716 damage caused by worms in goats, selecting those animals that suffer less damage from the  
717 natural infestation of parasites. The objective of this study was to evaluate the discriminatory  
718 function of Fuzzy logic to obtain the degree of resistance to worms in goats, using three

719 measures (eggs per gram of feces - OPG, body condition score - ECC and Famacha©)  
720 contrasting with the cluster analysis multivariate with the Average algorithm. 3839 information  
721 from OPG, ECC, Famacha was used in the period from 2009 to 2019 of the herd of goats in the  
722 experimental field of the Department of Animal Science-DZO, Center for Agricultural  
723 Sciences-CCA, Federal University of Piauí UFPI. To obtain the values of OPG, ECC and  
724 FAMACHA of the animals, the average of grades given by three evaluators was considered.  
725 When editing the data, it was limited to considering information from second and third order  
726 goats, using the average of the corresponding information. As an alternative to identify the  
727 degree of resistance to gastrointestinal parasites in goats, the use of Fuzzy logic for the  
728 formation of the characteristic resistance to gastrointestinal nematodes (VR) was introduced.  
729 For this purpose, a tool used was the CAPRIOVI software (<https://easii.ufpi.br/capriovi>)  
730 (SARMENTO et al., 2017), which is a web-based system for farm management that has a  
731 computational module based in Logica Fuzzy, which serves to assist goat and sheep breeders  
732 in diagnosing the need for anthelmintic treatment. In order to compare the usability of Fuzzy  
733 Logic, the comparison with the cluster analysis strategy was launched, using the Euclidean  
734 distance matrix between individuals and using the Average hierarchical dissimilarity algorithm  
735 to determine the characteristic resistance to verminosis and consequently the classification of  
736 animals equivalent to that performed with Fuzzy logic (resistant, resilient and sensitive).  
737 Descriptive, multivariate clustering and discriminant analyzes were performed using R  
738 statistical software (The R Development Core Team, 2008). The results obtained showed a low  
739 correlation when comparing the classifications (Resistant, Resilient and Sensitive) proposed. In  
740 general, there was an increase in the mean of the 3 characteristics when the multivariate method  
741 was adopted, in relation to Fuzzy logic. Therefore, the Avarege algorithm obtained the highest  
742 number of animals classified as Resistant (n=189) while the Fuzzy Logic the number of animals  
743 in the Resistant class (n=26) allowed the classification of Resilient (n=109) and Sensitive  
744 (n=82) ). From the point of view of genetic improvement, the proportionality between groups  
745 can increase the performance of the use of the RV trait in the selection index. However, it was  
746 observed with the discriminant analysis approach that the Fuzzy logic has the lowest percentage  
747 of overall correctness (76.50%), while the highest percentage (99.54%) of coincidence in the  
748 discrimination of animals was given by the Avarege method of multivariate grouping. In turn,  
749 the agreement of the Fuzzy logic results with the literature, leads us to believe that artificial  
750 intelligence inserts in the classification under study a component of zootechnical excellence in  
751 addition to the statistical excellence present in the clustering methods, in addition to greater  
752 computational ease for the software adopted. Thus, it is concluded that Fuzzy logic allows the



753 categorization of the degree of resistance to worm in goats, leading to gains due to its capacity  
754 for simplicity, flexibility and consistency in the results.

755

756 **Keywords:** Discriminant analysis; Body score; Famacha, OPG; Artificial intelligence.

757

## 758 **Introdução**

759

760 As infecções por nematódeos gastrintestinais têm se constituído um entrave à expansão  
761 da caprinocultura, destacando-se o *Haemonchus contortus* como principal parasita. A elevada  
762 prevalência associada à patogenicidade faz deste parasito o mais nocivo em diferentes regiões  
763 do território nacional (AMARANTE *et al.*, 1992; VIEIRA; CAVALCANTE, 1999; RAMOS  
764 *et al.*, 2002).

765 A vermifugação dos animais tem sido utilizada como recurso necessário, mas não  
766 renovável, à medida que a resistência anti-helmíntica vem avançando progressivamente sobre  
767 os mais modernos grupos químicos disponíveis no mercado (NARI; EDDI, 2002). A  
768 disponibilidade de novos antiparasitários está comprometida com o aumento dos casos de  
769 resistência e pelos crescentes custos de pesquisa e desenvolvimento de novas drogas (COLES  
770 *et al.*, 2006). A infecção por verminose é um problema que afeta simultaneamente mães e crias  
771 e a resistência genética é uma vantagem relevante. Portanto, é urgente que esforços sejam  
772 efetuados para desenvolver, validar e utilizar ferramentas de controle estratégicos a verminoses.

773 De acordo com o estudo realizado por Castro *et al.* (2018) foi possível destacar a  
774 importância de avaliação da resposta a verminose com uso de características associadas a  
775 alteração na saúde dos animais e chamaram a atenção para a pequena a quantidade de estudos  
776 inserindo a automação nesse processo. Para isso, há uma necessidade crescente de busca e  
777 adaptação de métodos de classificação multivariados, capazes de sintetizar e agrupar  
778 características similares, para determinação da resistência a verminose (ARAÚJO *et al.*, 2021).

779 Em função destas colocações, é preciso buscar metodologias de análise que possam  
780 produzir novas informações que representem os fenômenos estudados. Assim, o uso da lógica  
781 *Fuzzy*, que se caracteriza na indefinição de fronteiras ou limiares entre classes, seria um  
782 caminho a ser experimentado e explorado para classificação dos animais quanto a resistência a  
783 verminoses.

784 Revisando o tema Borges *et al.* (2019), mencionam que no software CAPRIOVI é o  
785 único que utiliza recursos de inteligência computacional para uma indicação de tratamento  
786 individual de vermifugação. Os autores, ainda reforçam que a eficiência da lógica *Fuzzy* para

787 classificar os animais em resistente, resiliente ou sensível a verminose pode ser utilizada como  
788 medida do parasitismo e da resposta do hospedeiro à infecção. Com isto, torna-se exequível o  
789 mapeamento e a identificação de diferentes classes da característica resistência a verminose.

790 Ressalta-se que a teoria da lógica Fuzzy foi estabelecida a partir de conceitos já aceitos  
791 da lógica clássica objetivando criar uma metodologia matemática para o tratamento de  
792 informações de caráter impreciso ou vago. Tendo em vista a incerteza intrínseca à classificação  
793 da resistência a verminose, a possibilidade de se descrever tais comportamentos, permite o uso  
794 da lógica *Fuzzy* na classificação dos animais quanto à característica a ser avaliada, visando  
795 facilitar a compreensão e interpretação dos resultados.

796 Este estudo teve como objetivo, avaliar a função discriminatória da lógica *Fuzzy* para  
797 obter o grau de resistência a verminose em caprinos, usando três medidas (ovos por grama de  
798 fezes - OPG, escore da condição corporal - ECC e Famacha©) contrastando à análise de  
799 agrupamento multivariado com o algoritmo *Average*.

800

## 801 **Material e métodos**

802

803 Para o estudo, foi editado o banco de dados da raça Anglonubiana de um rebanho  
804 experimental (DZO/UFPI) no período de 2009 a 2019. Informações armazenadas de OPG, ECC  
805 e Famacha©), mensuradas em cabras manejadas em sistema semi-intensivo. Este estudo é  
806 vinculado ao projeto de pesquisa cadastrado no Comitê de ética em pesquisa com animais, da  
807 UFPI, com o N° 045/2017.

808 As amostras de fezes para contagem de OPG foram coletadas diretamente da ampola  
809 retal dos animais, com uso de sacos plásticos nos quais ficavam armazenadas, após a retirada  
810 do ar de dentro da embalagem. Durante a coleta, as amostras eram acondicionadas em caixas  
811 isopor, que continham gelo artificial rígido reutilizável, nas quais eram transportadas até o  
812 laboratório para a realização da contagem no mesmo dia da coleta, ou na manhã do dia seguinte,  
813 no máximo 24 horas após a coleta das fezes. As amostras que ficavam para contagem no dia  
814 seguinte eram acondicionadas em geladeira, em temperatura de 2 a 8°C, para evitar o  
815 congelamento das fezes e larvas, assim como a eclosão dos ovos para larva.

816 A avaliação parasitológica foi realizada com a contagem de OPG adotando-se os  
817 procedimentos de acordo com Ueno e Gonçalves (1998). A mensuração da coloração da mucosa  
818 conjuntiva ocular foi realizada de acordo com o método FAMACHA©, com atribuição de notas  
819 de 1 a 5, em que 1 – vermelho robusto, 2 – vermelho rosado, 3 – rosa, 4 – rosa pálido e 5 –  
820 branco (VAN WYK; MALAN; BATH, 1997). O ECC foi avaliado atribuindo valores em uma

821 escala de 1 a 5, de acordo com a metodologia utilizada por MCMANUS et 155 *et al.* (2010),  
822 que consiste na avaliação visual e palpação com os dedos na região lombar, localizando as  
823 apófises espinhosa e transversal. O processo teve por base a detecção de deposição de gordura  
824 e músculo, com o valor 1 correspondendo a animal muito magro e o 5 a animal com sinais de  
825 obesidade. Para a obtenção dos valores de OPG, ECC e FAMACHA© dos animais considerou-  
826 se a média de notas atribuídas por três avaliadores. Na edição dos dados, limitou-se a considerar  
827 informações de cabras de segunda e terceira ordem de parto, sendo utilizado a média das  
828 informações correspondentes.

829 No âmbito do tratamento anti-helmíntico, uma alternativa foi a utilização da lógica  
830 Fuzzy para a formação da característica resistência a nematoides gastrintestinais (RV). Para  
831 este fim, uma ferramenta utilizada foi o software CAPRIOVI (<https://easii.ufpi.br/capriovi>)  
832 (SARMENTO *et al.*, 2017), que é um sistema *web* voltado para gerenciamento de fazendas que  
833 dispõe de um módulo para auxiliar os criadores de caprinos e ovinos no diagnóstico da  
834 necessidade de tratamento anti-helmíntico. O mecanismo utilizado funciona por meio de  
835 inteligência computacional, com a inserção de valores como entrada e ordenação dos animais  
836 de acordo com a necessidade de tratamento.

837 Para a investigação da resistência a nematoides gastrintestinais foram utilizados valores  
838 de contagem de ovos por grama de fezes (OPG), Grau de coloração da mucosa conjuntiva  
839 (FAMACHA) e Escore de condição corporal (ECC), utilizando a Lógica *Fuzzy*. Após inserir os  
840 valores coletados em campo referentes a OPG, ECC e FAMACHA, foi gerado um relatório de  
841 vermifugação com notas que variam de 0 a 10, em escala contínua, para cada animal analisado.  
842 De acordo com a nota atribuída, o módulo realizou uma das seguintes indicações de tratamento:  
843 vermifugar, alerta e não vermifugar. Para este estudo, estes grupos foram considerados  
844 equivalentes aos fenótipos: Resistente, Resiliente ou Sensível a verminose. Assim, foi  
845 estabelecida a classificação Resistente (não vermifugar), Resiliente (alerta) e sensível  
846 (vermifugar) para a característica resistência à Verminose (RV). Os valores de OPG foram  
847 utilizados na escala real (não transformados) da contagem de ovos por grama de fezes para o  
848 cálculo de RV. Assumiu-se que quanto maior a nota de RV, maior a resistência do animal a  
849 nematoides gastrintestinais.

850 Para a análise de agrupamento (*cluster*) foi utilizada a matriz de distância Euclidiana  
851 entre indivíduos e utilizado o algoritmo hierárquico de dissimilaridade *Average* para  
852 determinação da característica resistência a verminose e conseqüentemente a classificação dos  
853 animais equivalente a realizada com a lógica *Fuzzy* (resistente, resiliente e sensível).

854 As análises descritivas, de agrupamento multivariado e discriminantes foram realizadas  
855 com emprego do software estatístico R (THE R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2008).

856

## 857 Resultados

858

859 Verificou-se a diferente número de animais agrupados e cada classe da característica  
860 resistência a verminose em função do método adotado (Tabela 1). Consequentemente existe  
861 uma correlação baixa quando comparados os agrupamentos propostos e isso causou elevação  
862 da média das características quando o método multivariado foi adotado.

863

864 **Tabela 1** – Estatística descritiva das características ovos por grama de fezes (OPG), escore da  
865 condição corporal (ECC) e FAMACHA© em função da classificação para a característica  
866 resistência à verminose (RV) com Lógica *Fuzzy* e Análise Agrupamento Multivariado de  
867 caprinos da raça Anglonubiana.

Método	Caract.	Classe RV	N	Média	DP	Mínimo	Máximo
Lógica Fuzzy	OPG	Resistente	26	333,10	225,63	50,00	920,00
		Resiliente	109	692,20	519,91	50,00	36667,00
		Sensível	82	1508,30	813,69	233,30	4100,00
	ECC	Resistente	26	3,14	0,35	2,63	4,10
		Resiliente	109	2,62	0,44	1,67	4,25
		Sensível	82	2,11	0,38	1,47	3,00
	Famacha	Resistente	26	3,05	0,46	1,50	3,75
		Resiliente	109	3,27	0,46	2,00	4,50
		Sensível	82	3,82	0,48	2,75	5,00
Análise de Agrupamento <i>Average</i>	OPG	Resistente	189	726,60	433,91	50,00	1737,50
		Resiliente	21	2146,00	250,62	1855,00	2662,00
		Sensível	7	3629,00	273,4	3229,00	4100,00
	ECC	Resistente	189	2,52	0,54	1,47	4,25
		Resiliente	21	2,34	0,37	1,87	2,90
		Sensível	7	2,01	0,62	1,50	3,33
	Famacha	Resistente	189	3,39	0,54	1,50	5,00
		Resiliente	21	3,73	0,38	2,85	4,50
		Sensível	7	4,19	0,52	3,50	5,00

868

869 Observou-se com a abordagem da análise discriminante que a lógica *Fuzzy* apresenta  
870 menor percentual de acerto global (76,50%), enquanto o maior percentual (99,54%) de  
871 coincidência na discriminação dos animais foi dado pelo método de agrupamento multivariado  
872 (Tabela 2).

873 **Tabela 2** – Análise discriminante segundo os diferentes algoritmos de agrupamentos  
 874 hierárquicos e não hierárquico para classificação da resistência a verminose (RV) em caprinos  
 875 da raça Anglonubiana.

Método	Resistência a Verminose	*n	Análise discriminante euclidiana			Acerto (%)	Acerto global (%)
			Resistente	Resiliente	Sensível		
Lógica <i>Fuzzy</i>	Resistente	26	9	17	0	34,62	76,50
	Resiliente	109	7	93	9	85,32	
	Sensível	82	0	18	64	78,05	
Análise de Agrupamento	Resistente	189	188	1	0	99,47	99,54
	Resiliente	21	0	21	0	100	
	Sensível	7	0	0	7	100	

876

877 É importante destacar que o fato desse tipo de análise não apresentar um critério objetivo  
 878 para identificação dos grupos, dificulta muito a interpretação dos resultados. Nesta pesquisa,  
 879 isso foi facilitado por que se considerou os grupos conhecidos *a priori* (CAPRIOVI), o que nem  
 880 sempre ocorre na prática. Já a utilização de métodos de multivariados enfrenta limitações  
 881 quando não há critérios para servir de referência da quantidade de grupos a serem formados,  
 882 sem que ocorra a perda de adequação para atender aos objetivos pretendidos.

883

## 884 **Discussão**

885

886 Nesse estudo se analisa dados de um rebanho experimental no qual buscou-se ampliar  
 887 intencionalmente a variabilidade fenotípica de resistência a verminose, utilizando-se como  
 888 estratégia para esse fim, na reposição de fêmeas incorporou-se também animais do rebanho que  
 889 apresentavam valor alto de OPG, que seriam potencialmente sensíveis a verminose, enquanto  
 890 os reprodutores vinham de outros rebanhos. Esse recurso aparentemente se mostrou eficiente,  
 891 pois em todos os métodos os grupos com Resistência, Resiliência ou Sensibilidade a helmintos  
 892 mostraram diferir estatisticamente ( $P < 0,05$ ).

893

894 Aparentemente essa é uma perspectiva simplista do assunto, mas é importante entender  
 895 que, ao se considerar uma cabra como fenotipicamente mais resistente que outra, pode ser que  
 896 esteja sendo quantificado apenas que uma se encontra mais sensível que a outra  
 897 temporariamente, que equivaleria a quantificação de picos sazonais de carga parasitária desses  
 898 animais. Nesse caso, segundo Basseto *et al.* (2009), essa ocorrência é reduzida em animais  
 resistentes.

899 Vale destacar que quando a lógica *Fuzzy* foi utilizada, pode ter envolvendo aspecto  
900 iterativo no processo de agrupamento. De acordo com Castro *et al.* (2018), o interesse é que o  
901 animal apresente maior escore corporal associado a menor valores de OPG e Famacha.  
902 Conseqüentemente, se os valores da correlação parcial entre essas três características diferir,  
903 aquela de maior valor pode funcionar como fator de ponderação ou peso no processo de  
904 agrupamento, que pode deslocar o animal de um grupo para outro. Por sua vez, por não levar  
905 em consideração a natureza dessa correlação, o método multivariado de agrupamento pode se  
906 expor mais a riscos de falso-positivo do que a lógica *Fuzzy*, que seria alocar um animal como  
907 resistente em razão dele estar sendo parasitado por vermes não hematófagos e apresentar valor  
908 baixo de anemia indicada pelo Famacha, associado a valor elevado de OPG.

909 Teoricamente espera-se que haja diferença entre os resultados dos métodos de  
910 agrupamento e também que parte dessa variação tenha como causa a ponderação inserida pelo  
911 uso da lógica *Fuzzy* para melhor adequar o resultado do agrupamento ao interesse zootécnico,  
912 sem, no entanto, significar uma simplificação exagerada da situação.

913 A relação entre as características envolvidas nesse estudo, OPG e Famacha que se  
914 correlacionam positivamente entre si e ambas correlacionam negativamente com o ECC,  
915 condiciona ocorrer vantagens ao serem usadas em conjunto (CASTRO *et al.*, 2018). Elas são  
916 tidas como relacionadas com a resposta dos animais a verminose em vários estudos nos quais  
917 o interesse é que seja maior o escore e menores os valores do OPG e Famacha (TORRES, 2018;  
918 ARAÚJO, 2017).

919 Pelo exposto, não é possível afirmar que o menor percentual de coincidência de alocação  
920 dos animais nos três grupos, resistente, resiliente ou sensível apresentado pela lógica *Fuzzy*  
921 (76,5%), seja considerado indicador de inadequação do método para estudo da resposta dos  
922 animais ao parasitismo. Por outro lado, a tendência de ampliar a quantidade de animais  
923 resistentes nos agrupamentos pelo método multivariado, discordando da literatura quanto a  
924 existir nos rebanhos maior quantidade de animais sensíveis a verminose, requer atenção para  
925 não confundir a excelência ou robustez estatísticas desses métodos com a excelência  
926 zootécnica, se utilizados na resposta dos animais a verminose.

927 Por sua vez, a concordância dos resultados da lógica *Fuzzy* com literaturas, leva a crer  
928 que a inteligência artificial insere na classificação em estudo, um componente de excelência  
929 zootécnica adicionável à excelência estatística presente nos métodos de agrupamento. Pelo  
930 exposto, considera-se a lógica *Fuzzy* realizou um agrupamento com perfil fenotípico com  
931 interesse zootécnico, enquanto o outro método fez um bom agrupamento do ponto de vista de  
932 excelência estatística. Portanto, convém que outros critérios sejam levados em consideração

933 para que os métodos de agrupamentos avaliados sejam utilizados para separar, a nível de  
934 rebanho, os animais quanto a resistência a verminose com eficiência, pois um fato que já está  
935 bem consistente na literatura, é que os animais sensíveis a verminose apresenta elevada  
936 capacidade de contaminação dos pastos e favorecem o parasitismo no rebanho (BASSETO *et*  
937 *al.*, 2009).

938 Uma consequência mais direta disso e que foi observada nesse rebanho, é o aumento da  
939 taxa de mortalidade de cabras, impactando negativamente no tempo de permanência delas no  
940 rebanho. Já os animais resilientes podem esporadicamente apresentar alta capacidade de  
941 contaminação de pastagens, conseqüentemente, podem contribuir de forma também esporádica  
942 para aumentar a taxa de mortalidade de cabras.

943 De acordo com Hayward *et al.* (2014) em um estudo realizado, os mesmos constataram  
944 evidências de seleção fenotípica positiva na tolerância: sendo que os indivíduos que perderam  
945 peso mais lentamente com o aumento da carga parasitária, tiveram maior sucesso reprodutivo  
946 ao longo da vida. Mas não constataram base genética aditiva para a variação, mesmo assim  
947 consideraram que a seleção por tolerância opera em condições naturais. Assim, se consideramos  
948 que evitar a disseminação de doenças deve fazer parte das boas práticas do manejo sanitário,  
949 uma medida simples poderia ser constar nas estratégias de manejo do rebanho, o uso de  
950 informações de OPG, ECC e Famacha, a serem trabalhadas com os recursos avaliados nesse  
951 estudo, de modo a indicar que a sensibilidade a verminose é uma fragilidade do animal que  
952 aumenta o risco de morte, que o torna passível de descarte.

953 A cabra que apresenta resistência a verminose é mais estável funcionalmente e manifesta  
954 menos oscilação da condição corporal ou menos influência do parasitismo na variação do ECC  
955 (Tabela 1), em relação a animais com sensibilidade ou resiliência quando expostas ao  
956 parasitismo. Segundo Hayward *et al.* (2014), a associação negativa entre a carga do nematoide  
957 e o peso corporal tem com causa a anorexia induzida pelo parasita, decorrente de danos na  
958 parede intestinal que tem a diarreia como sinal clínico e como consequência diminuição da  
959 absorção de proteína. Com isso, tem-se uma indicação da importância que assume a resistência  
960 ou sensibilidade da cabra a verminose, justificando bem a busca de animais resistentes nos  
961 rebanhos. Assim, parece que a decisão previa de separar os animais em três grupos,  
962 aparentemente interferiu no resultado dos métodos de agrupamentos aqui avaliados.

963 Uma relevante propriedade da modelagem *Fuzzy*, salientado por Ruhoff *et al.* (2005), é  
964 a capacidade de codificar conhecimentos inexatos, de tal forma que se aproxime dos processos  
965 decisórios. Os sistemas de inferência *Fuzzy* proporcionam a apreensão do conhecimento  
966 próximo ao modelo “cognitivo” muito aplicado na análise de problemas de previsão e

967 classificação. Logo, o processo de obtenção do conhecimento é simplificado, mais preciso e  
968 com menor probabilidade de erros. Devido ao próprio caráter de imprecisão intrínseco à  
969 classificação da característica resistência à verminose, pode-se então, utilizar a lógica *Fuzzy*  
970 como uma metodologia para este processo. Portanto, os agrupamentos *Fuzzy* podem oferecer  
971 melhores descrições dos dados quando a sobreposição de classes é possível, ou seja, quando os  
972 elementos pertencem a todos os grupos, mas em diferentes graus, e isto pode ser quantificado  
973 por uma função de pertinência correspondente (ROUSSEEUW, 1995).

974 A simplicidade, reduzido custo computacional, versatilidade e flexibilidade permitem  
975 que sejam adaptados a novos padrões, por meio da modificação dos parâmetros que definem o  
976 sistema de inferência *Fuzzy* (AFONSO, 2009). Além disso, os resultados obtidos por meio da  
977 lógica *Fuzzy* proporcionam análises mais refinadas quando comparadas com os resultados  
978 obtidos por meio da estatística clássica (BLANCO-FERNANDEZ *et al.*, 2013, 2014;  
979 PITERBARG, 2011; VIERTL, 2011).

980 Os mapas conceituais relacionados a esses elementos possuem funções de pertinência  
981 estabelecidas para representar o conteúdo envolvido pelo sistema em questão, ou seja, a  
982 classificação dos animais nos diferentes níveis de resistência à verminose. O software utilizado  
983 que implementou a lógica *Fuzzy* teve validação de um “especialista”, médico veterinário para  
984 validação e definição de argumentos obtidos a partir de experimentos ou vivências sobre o  
985 campo de estudo. A participação do especialista mostra-se adequada ao tratamento de  
986 informações ditas imperfeitas, pois a metodologia é capaz de capturar dados "vagos",  
987 expressões em linguagem natural subjetiva, e trabalha-los em um formato mensurável,  
988 matemático e objetivo (RISSOLI, 2001). De acordo com Borges (2017), o módulo  
989 computacional do CAPRIOVI pode simular com precisão o diagnóstico do técnico responsável  
990 e ser utilizado para auxiliar na indicação de tratamento e seleção de animais com maior perfil  
991 para resistência a nematoides gastrintestinais.

992 Apesar dos dois métodos alocarem animais, de forma adequada e de acordo com as  
993 regras estabelecidas para cada algoritmo, verificou-se que a lógica *Fuzzy*, permitiu distinguir  
994 melhor os animais aos níveis de classificação da característica resistência a verminoses.

995

## 996 **Conclusão**

997

998 A utilização conjunta destes dois métodos, por apresentarem princípios distintos,  
999 apresentam informações complementares, que permitem identificar, de forma eficaz e segura,



1000 a resposta dos animais para resistência a verminoses. A lógica *Fuzzy* permitiu a categorização  
1001 da resposta a verminose é uma ferramenta que pode auxiliar a seleção de animais.

1002

1003 **Referências**

1004

1005 Albers, G. A. A. *et al.* The effect of *Haemonchus contortus* infection on haematological  
1006 parameters in young merino sheep and its significance for productivity. *Animal Production*, v.  
1007 50, p. 99-109, 1990. [https://www.cambridge.org/core/journals/animal](https://www.cambridge.org/core/journals/animal-science/article/abs/effect-of-haemonchus-contortus-infection-on-haematological-parameters-in-young-merino-sheep-and-its-significance-for-productivity/C0449E6C751641A541EA22615BC2CEAD)  
1008 [science/article/abs/effect-of-haemonchus-contortus-infection-on-haematological-parameters-](https://www.cambridge.org/core/journals/animal-science/article/abs/effect-of-haemonchus-contortus-infection-on-haematological-parameters-in-young-merino-sheep-and-its-significance-for-productivity/C0449E6C751641A541EA22615BC2CEAD)  
1009 [in-young-merino-sheep-and-its-significance-for](https://www.cambridge.org/core/journals/animal-science/article/abs/effect-of-haemonchus-contortus-infection-on-haematological-parameters-in-young-merino-sheep-and-its-significance-for-productivity/C0449E6C751641A541EA22615BC2CEAD)  
1010 [productivity/C0449E6C751641A541EA22615BC2CEAD](https://www.cambridge.org/core/journals/animal-science/article/abs/effect-of-haemonchus-contortus-infection-on-haematological-parameters-in-young-merino-sheep-and-its-significance-for-productivity/C0449E6C751641A541EA22615BC2CEAD).

1011

1012 Albers, G. A. A. *et al.* The genetics of resistance and resilience to *Haemonchus contortus*  
1013 infection in young merino sheep. *International Journal for Parasitology*, v. 17, n. 7, p. 1355-  
1014 1363, 1987. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0020751987901032>.

1015

1016 Amarante, A. F. T. *et al.* Efeito da administração de oxfendazol, ivermectina e levamisol  
1017 sobre os exames coproparasitológicos de ovinos. *Braz. J. Vet. Res. Anim. Sci.*, v. 29, p. 31-  
1018 38, 1992. <https://www.revistas.usp.br>

1019

1020 Amarante, A.F.T.; Susin, I.; Rocha, R.A.; Silva, M.B.; Mendes, C.Q.; Pires, A.V. Resistance  
1021 off Santa Inês and crossbred ewes to naturally acquired gastrointestinal nematode  
1022 infections. *Vet. Parasitol.* 2009; 165:273–80. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.1999.07.009>.

1023

1024 Assenza F.; Elsen, J. M.; Legarra, A.; Carré, C.; Sallé, G.; Robert-Granié C. *et al.* Genetic  
1025 parameters for growth and faecal worm egg count following *Haemonchus contortus*  
1026 experimental infestations using pedigree and molecular information. *Genetic Selection*  
1027 *Evolution.* v.46, n.1, p.13, 2014. <http://dx.doi.org/2.3186/1297-9686-46-13>.

1028

1029 Araújo, J. I. M. Estudo genético da resistência a verminoses gastrintestinais em ovinos. 2017.  
1030 86f. Dissertação (Pós-Graduação em Zootecnia), Universidade Federal do Piauí, Bom Jesus,  
1031 2017.

1032

1033 Araujo, J. I. M. *et al.* Non-hierarchical cluster analysis for determination of resistance to  
1034 worm infection in meat sheep. *Trop Anim Health Prod*, v. 53, n. 16, 2021.  
1035 <https://doi.org/10.1007/s11250-020-02484-3>.

1036

1037 Basseto, C.C. ; Silva, B. F. ; Fernandes, S. ;Amarante, A. F. T. Contaminação da pastagem  
1038 com larvas infectantes de nematoides gastrintestinais após o pastejo de ovelhas resistentes ou  
1039 susceptíveis à verminose. *Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária*, v. 18, n. 4, p. 63-68,  
1040 2009. <https://www.scielo.br/j/rbpv/a/BFVgGWSF4XGCWGFv5m3K3VS/abstract/?lang=pt>.

1041

1042 Barbosa, L. P. *et al.* Influência da condição corporal ao parto no balanço energético e  
1043 desempenho reprodutivo de cabras leiteiras no pós-parto. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec*, v.68,  
1044 n.5, 2016. <https://www.scielo.br/j/abmvz/a/6HTfkhBzYtZtrBxMQcvM7dj/abstract/?lang=pt>.

1045

1046 Birgel, D. B. *et al.* Evaluation of the erythrocyte pattern and the repercussions of anemic  
1047 status in white blood cells of goats with gastrointestinal helminthiasis. *Pesq Vet. Bras*, v.34,

- 1048 n.3, p.199–204, 2014. Disponível em:  
 1049 <https://www.scielo.br/j/pvb/a/8pGtg35S4zDx84FxpJgLZcr/?lang=pt&format=pdf>. Acesso  
 1050 em: 21 ago. 2021.
- 1051  
 1052 Bishop, S. C. A consideration of resistance and tolerance for ruminant nematode infections.  
 1053 *Frontiers in Genetics*. v.3, n.1, 168, 2012. Disponível em:  
 1054 <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3522420/>. Acesso em: 21 ago. 2021.
- 1055  
 1056 Bitar, S. D.; Campos, C. P.; Freitas, C. E. C. Applying fuzzy logic to estimate the parameters  
 1057 of the length-weight relationship. *Braz. J. Biol.*, v. 76, n. 3, p. 611-618, 2016. Disponível em:  
 1058 <https://www.scielo.br/j/bjb/a/dHmyXQfQ3yy3BVVVrDMJwxd/?lang=en&format=pdf>.  
 1059 Acesso em: 21 ago. 2021.
- 1060  
 1061 Borges, L. S. *et al.* Gestão zootécnica e genética informatizadas em pequenos ruminantes:  
 1062 uma revisão. *Medicina Veterinária (UFRPE)*, Recife, v.13, n.2, p.251-257, 2019. Disponível  
 1063 em:  
 1064 <http://www.journals.ufrpe.br/index.php/medicinaveterinaria/article/view/3083/482483355>.  
 1065 Acesso em: 21 ago. 2021.
- 1066  
 1067 Borges, L. S. Programa de Computador, número de registro BR517000024-7. Instituto  
 1068 Nacional de Propriedade Industrial, 2017. Disponível em: <https://easii.ufpi.br/capriovi>.  
 1069 Acesso em: 21 ago. 2021.
- 1070  
 1071 Castro, O. C. C. *et al.* Módulo computacional para indicação de tratamento anti-helmíntico  
 1072 em caprinos e ovinos. *Anais da Escola Regional de Informática do Piauí. Teresina – PI*. 2018,  
 1073 p.1-6. Disponível em: <https://sol.sbc.org.br/index.php/eripi/article/view/5180/5086>. Acesso  
 1074 em: 21 ago. 2021.
- 1075  
 1076 Coelho, W. A. C. *et al.* Resistência anti-helmíntica em caprinos no município de Mossoró,  
 1077 RN. *Ciência Animal Brasileira*, v.11, v.3, p.589-599, 2010. Disponível em:  
 1078 <https://www.revistas.ufg.br/index.php/vet/article/view/5389>. Acesso: 20 ago. 2021.
- 1079  
 1080 Coles, G. C. *et al.* The detection of anthelmintic resistance in nematodes of veterinary  
 1081 importance. *Veterinary Parasitology*, v. 136, n.3-4, p. 167-185, 2006.  
 1082 <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16427201/>.
- 1083  
 1084 Costa Júnior, G. S. *et al.* Efeito de vermifugação estratégica, com princípio ativo à base de  
 1085 Ivermectina na incidência de parasitos gastrintestinais no rebanho caprino da UFPI. *Ciência  
 1086 Animal Brasileira*, v.6, n.4, p.279-286, 2006. Disponível em:  
 1087 <https://www.revistas.ufg.br/vet/article/view/373>. Disponível em: 20 ago. 2021.
- 1088  
 1089 Costa, V. M. M.; Simões, S. V. D.; Riet-Correa, F. Controle das parasitoses gastrintestinais  
 1090 em ovinos e caprinos na região semiárida do Nordeste do Brasil. *Pesquisa Veterinária  
 1091 Brasileira*, v.31, n.1, p. 65-71, jan, 2011.  
 1092 <https://www.scielo.br/j/pvb/a/qySqf8jG495hK9pLMXzXVP/?lang=pt>.
- 1093  
 1094 Coutinho, R. M. A. Marcadores fenotípicos para caracterização de caprinos com diferentes  
 1095 níveis de resistência as endo parasitoses gastrintestinais. Dissertação (Mestre em produção  
 1096 animal). Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Macaíba - RN, 2012.  
 1097 <https://repositorio.ufrn.br/handle/123456789/17171>.

- 1098 Dobson, R. J. *et al.* Minimizing the development of anthelmintic resistance, and optimizing  
1099 the use of the novel anthelmintic monepantel, for the sustainable control of nematode  
1100 parasites in Australian sheep grazing systems. *Australian Veterinary Journal*, v.89, n.5,  
1101 p.160- 166. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21495986/>. Acesso em: 20 ago.  
1102 2021.  
1103
- 1104 Doeschl-Wilson, A. B.; Villanueva, B.; Kyriazakis, I. The first step towards genetic selection  
1105 for host tolerance to infectious pathogens: obtaining the tolerance phenotype through group  
1106 estimates. *Front Genet*, v.14, n.3, p. 265, 2012. Disponível em:  
1107 <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23412990/>. Acesso em: 21 ago. 2021.  
1108
- 1109 Embrapa tecnologia. SARA (Software de Análise e Risco de Desenvolvimento de Resistência  
1110 a Anti-helmínticos em ovinos), 2014. Disponível em: [https://www.embrapa.br/busca-de-  
1111 solucoes-tecnologicas/-/produto-servico/1721/software-para-analise-de-risco-de-  
1112 desenvolvimento-de-resistencia-parasitaria-a-anti-helminticos-em-ovinos---  
1113 sara#:~:text=%C3%89%20uma%20ferramenta%20gratuita%2C%20on,resist%C3%Aancia%  
1114 20parasit%C3%A1ria%20nos%20rebanhos%20ovinos](https://www.embrapa.br/busca-de-solucoes-tecnologicas/-/produto-servico/1721/software-para-analise-de-risco-de-desenvolvimento-de-resistencia-parasitaria-a-anti-helminticos-em-ovinos---sara#:~:text=%C3%89%20uma%20ferramenta%20gratuita%2C%20on,resist%C3%Aancia%20parasit%C3%A1ria%20nos%20rebanhos%20ovinos). Acesso em: 21 ago. 2021.  
1115
- 1116 Gaulty, M. *et al.* Estimating genetic differences in natural resistance in Rhön and  
1117 Merinoland sheep following experimental *Haemonchus contortus* infection. *Vet. Parasitol*,  
1118 v.106, n.1, p.106:55–67, 2002. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11992711/>.  
1119 Acesso em: 21 ago. 2021.  
1120
- 1121 Gordon, H.; Whitlock, H.V. A new technique for counting nematode eggs in sheep faeces.  
1122 *Journal Coun. Sci. Ind. Res.*, v.12, p.50–2, 1939. Disponível em:  
1123 [https://publications.csiro.au/rpr/download?pid=procite:21259a33-8a8e-4add-9315-  
1124 f8338091a3e6&dsid=DS1](https://publications.csiro.au/rpr/download?pid=procite:21259a33-8a8e-4add-9315-f8338091a3e6&dsid=DS1). Acesso em: 21 ago. 2021.  
1125
- 1126 Hayward, A. D. Causes and consequences of intra- and inter-host heterogeneity in defence  
1127 against nematodes. *Parasit Immunol*, v.35, n.11, p.362–373, 2013. Disponível em:  
1128 [https://www.researchgate.net/publication/249646293\\_Causes\\_and\\_consequences\\_of\\_intra-  
1129 \\_and\\_inter-host\\_heterogeneity\\_in\\_defence\\_against\\_nematodes](https://www.researchgate.net/publication/249646293_Causes_and_consequences_of_intra_and_inter-host_heterogeneity_in_defence_against_nematodes). Acesso em: 21 ago. 2021.  
1130
- 1131 Hayward, A. D. *et al.* Natural selection on individual variation in tolerance of  
1132 gastrointestinal nematode infection. *PLoS Biol*, v.12, p.e1001917, 2014. Disponível em:  
1133 <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.1001917>. Acesso em: 20 ago. 2021.  
1134
- 1135 Jefferies, B. C. Body condition scoring and its use in management. *Tasmanian Journal*  
1136 *Agricultural*, v. 32, p. 19-21, 1961.  
1137 <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/00288233.2013.857698>.  
1138
- 1139 Lima, C. M. M. *et al.* Gamma-Gompertz shared frailty model for analysis of the time of stay  
1140 in an Anglo-Nubian goat herd. *Small Ruminant Research*, v.199, doi: 10.1016, 2021.  
1141 Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0921448821000535>.  
1142 Acesso em: 21 ago. 2021.  
1143
- 1144 Machado, R. *et al.* Escore da condição corporal e sua aplicação no manejo reprodutivo de  
1145 ruminantes. São Carlos, SP: Embrapa Pecuária Sudeste, 2008. 16p. (Circular Técnica, 57).  
1146

- 1147 Mcrae, K.M. *et al.* The host immune response to gastrointestinal nematode infection in sheep.  
 1148 Parasite Immunol. v.37, n.12, p.605–613, 2015. Disponível em:  
 1149 <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26480845/>. Acesso em: 21 ago. 2021.  
 1150
- 1151 Molento, M. B. Resistência de helmintos em ovinos e caprinos. Revista Brasileira de  
 1152 Parasitologia Veterinária, v.13, p.82-85, 2004. Disponível em:  
 1153 [https://www.researchgate.net/publication/284055595\\_Resistencia\\_de\\_helmintos\\_em\\_ovinos\\_e\\_caprinos](https://www.researchgate.net/publication/284055595_Resistencia_de_helmintos_em_ovinos_e_caprinos). Acesso em: 20 ago. 2021.  
 1154  
 1155
- 1156 Molento, M. B. *et al.* Frequency of treatment and production performance using the  
 1157 FAMACHA<sup>®</sup> method compared with preventive control in ewes. Veterinary Parasitology,  
 1158 v.162, n.3-4, p.314–319, 2009. Disponível em:  
 1159 [https://www.researchgate.net/publication/24280078\\_Frequency\\_of\\_treatment\\_and\\_production\\_performance\\_using\\_the\\_FAMACHA\\_method\\_compared\\_with\\_preventive\\_control\\_in\\_ewes](https://www.researchgate.net/publication/24280078_Frequency_of_treatment_and_production_performance_using_the_FAMACHA_method_compared_with_preventive_control_in_ewes). Acesso em: 20 ago. 2021.  
 1160  
 1161
- 1162 Molento, M. B.; Veríssimo, C.J.; Amarante, A.T. *et al.* Alternative techniques for the control  
 1163 of gastrointestinal nematodes in small ruminants. Arquivo Inst. Biol. v.80, n.2, p.253–63,  
 1164 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1808-16572013000200018>. Acesso em: 21  
 1165 ago. 2021.  
 1166  
 1167
- 1168 Quirino, C. R. Correlations between weight, body condition score, Famacha, and eggs fecal  
 1169 counting in Santa Inez. Actas Iberoamericanas de Conservación Animal- AICA, v.1, p.319-  
 1170 322, 2011. Disponível em:  
 1171 [http://www.uco.es/conbiand/aica/templatemo\\_110\\_lin\\_photo/articulos/2011/Quirino2011\\_1\\_319\\_322.pdf](http://www.uco.es/conbiand/aica/templatemo_110_lin_photo/articulos/2011/Quirino2011_1_319_322.pdf). Acesso em: 21 ago. 2021.  
 1172  
 1173
- 1174 Ramos, C. I. *et al.* Resistência de parasitos gastrintestinais de ovinos a alguns anti-helmínticos  
 1175 no Estado de Santa Catarina, Brasil. Ciência Rural, v. 32, n. 3, p. 473-477, 2002.  
 1176 <https://www.scielo.br/j/cr/a/wCthFQrLpTjy3XJBHyyvzMM/?lang=pt>.  
 1177
- 1178 Roberts, I. H. *et al.* Methods for egg counts and larval cultures for strongyles infesting the  
 1179 gastrointestinal tract of cattle. Aust J Agric. Res, v.1, p.99–102, 1950. Disponível em:  
 1180 <https://www.scienceopen.com/document?vid=4e1c8485-d0fa-4cc7-95e6-8d6ec8aa9940>.  
 1181 Acesso em: 21 ago. 2021.  
 1182
- 1183 Rodrigues, F. N. *et al.* Genetic parameters for worm resistance in Santa Inez sheep using the  
 1184 Bayesian animal model. Animal Bioscience, v.34, n.2, p.185-191, 2021. Disponível em:  
 1185 <https://www.animbiosci.org/upload/pdf/ajas-19-0634.pdf>. Acesso em: 20 ago. 2021.  
 1186
- 1187 Santos, G.V. Estudo genômico aplicado ao melhoramento genético de ovinos tropicais para  
 1188 resistência à endoparasitas. 103f, 2018. Tese (Pós-Graduação em Ciência Animal) -  
 1189 Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2018.  
 1190 <https://repositorio.ufpi.br/xmlui/handle/123456789/1650>.  
 1191
- 1192 Silva, N. C. S. Efeitos ambientais que interferem no endoparasitismo em matrizes da raça  
 1193 Anglonubiana em Teresina – Piauí. 2011. 62p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) -  
 1194 Universidade Federal do Piauí, Teresina. <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/970983/fatores-ambientais-que-interferem-na-variacao-de-caracteristicas-relacionadas-a-endoparasitismo-gastrintestinal-na-raca-anglonubiana-no-piaui>.  
 1195  
 1196

- 1197 Soccol, V. T. *et al.* Occurrence of resistance to anthelmintics in sheep in Paraná State, Brazil.  
1198 Veterinary Record, v. 139, p. 421-422, 1996.  
1199 [https://www.researchgate.net/publication/14282878\\_Occurrence\\_of\\_resistance\\_to\\_anthelmintics\\_in\\_sheep\\_in\\_Parana\\_State\\_Brazil](https://www.researchgate.net/publication/14282878_Occurrence_of_resistance_to_anthelmintics_in_sheep_in_Parana_State_Brazil).  
1200  
1201  
1202 Sotomaior, C. S. *et al.* Identificação de ovinos e caprinos resistentes e susceptíveis aos  
1203 helmintos gastrintestinais. Rev. Acad., Curitiba, v. 5, n. 4, p. 397-412, out./dez. 2007.  
1204 Disponível em: <https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:r6-WBrxWIEJ:https://periodicos.pucpr.br/index.php/cienciaanimal/article/download/10202/9617+&cd=1&hl=pt-BR&ct=clnk&gl=br>. Acesso em: 21 ago. 2021.  
1205  
1206  
1207  
1208 Torres, T. S. Traditional and genomic methods applied to the genetic improvement of sheep  
1209 for resistance to nematode infection. 2019. 85p. Thesis (Animal Science Doctorate) –  
1210 Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2019.  
1211  
1212 Vieira, L. V.; Cavalcante, C. R. Resistência anti-helmíntica em rebanhos caprinos no Estado  
1213 do Ceará. Pesq. Vet. Bras., v. 19, n.3-4, p. 99-103, jul./dez., 1999.  
1214 <https://www.scielo.br/j/pvb/a/vCwC4RVk5zyNnrSRSgXzZVF/?lang=pt>.  
1215  
1216 Vieira, L. S. Alternativas de Controle da Verminose Gastrintestinal dos Pequenos  
1217 Ruminantes. Sobral: CNPC. 2003. 10p. (Circular Técnica, 29, ISSN 0100-9915).  
1218 <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/531313>.  
1219  
1220 Vieira, L. S. Alternative methods for the control of gastrointestinal nematodes in goats and  
1221 sheep. Tecnol & Ciên Agropec, João Pessoa, v. 2, n.2, p. 49–56, 2008.  
1222 [https://revistatca.pb.gov.br/edicoes/volume-02-2008/volume-2-numero-2-junho-2008/tca09\\_metodos.pdf](https://revistatca.pb.gov.br/edicoes/volume-02-2008/volume-2-numero-2-junho-2008/tca09_metodos.pdf).  
1223  
1224  
1225 Wright, I. A.; Russel, A. J. F. Partition of fat, body composition and body condition score in  
1226 mature cows. Animal Production, Edinburgh, v. 38, p. 23-32, 1984.  
1227 <https://www.cambridge.org/core/journals/animal-science/article/abs/partition-of-fat-body-composition-and-body-condition-score-in-mature-cows/CF97649F4183CF33C5882773772B006B>.  
1228  
1229