



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ
CAMPUS PROFESSORA CINOBELINA ELVAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

ESTUDO GENÉTICO DA RESISTÊNCIA À VERMINOSES
GASTRINTESTINAIS EM OVINOS TROPICAIS

JOHNNY IGLESIAS MENDES ARAUJO

Bom Jesus-PI

2017

JOHNNY IGLESIAS MENDES ARAUJO

**ESTUDO GENÉTICO DA RESISTÊNCIA À VERMINOSES
GASTRINTESTINAIS EM OVINOS TROPICAIS**

Orientador: Dr. José Lindenberg Rocha Sarmiento

Co-orientador: Dr. Natanael Pereira da Silva Santos

Dissertação apresentada ao *Campus* Prof.^a Cinobelina Elvas da Universidade Federal do Piauí, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, na área de Produção Animal (linha de pesquisa Melhoramento e Reprodução Animal), para obtenção do título de Mestre.

Bom Jesus-PI

2017

FICHA CATALOGRÁFICA
Universidade Federal do Piauí
Biblioteca Setorial de Bom Jesus
Serviço de Processamento Técnico

A663e Araujo, Johnny Iglesias Mendes.
Estudo genético da resistência à verminoses
gastrintestinais em ovinos tropicais. / Johnny Iglesias Mendes
Araujo. – 2017.
84 f.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Piauí,
Campus Prof.^a Cinobelina Elvas, Programa de Pós-
Graduação em Zootecnia, área de Produção Animal
(Melhoramento e Reprodução Animal), Bom Jesus-Pi, 2017.
Orientação: “Prof. Dr. José Lindenberg Rocha Sarmiento”.

1. Análise de agrupamento. 2. FAMACHA[®].
3. Herdabilidade. 4. OPG. 5. Seleção. I. Título.

CDD 636.208

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ
CAMPUS PROFESSORA CINOBELINA ELVAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

Título: **Estudo genético da resistência à verminoses gastrintestinais em ovinos tropicais**

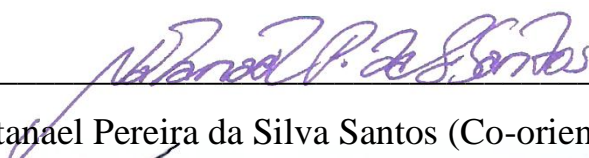
Autor: Johnny Iglesias Mendes Araujo

Orientador: Dr. José Lindenberg Rocha Sarmiento

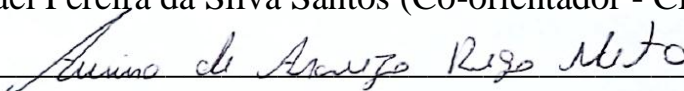
Co-orientador: Dr. Natanael Pereira da Silva Santos

Aprovada em: 31 de agosto de 2017

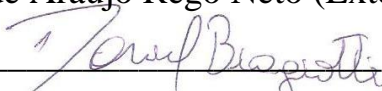
Banca Examinadora:



Prof. Dr. Natanael Pereira da Silva Santos (Co-orientador - CPCE/UFPI)



Prof. Dr. Aurino de Araújo Rego Neto (Externo - Zootecnista)



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

Bom Jesus - PI

2017

DEDICATÓRIA

Em primeiro lugar ao meu DEUS, por ter me dado o fôlego de vida.

*Aos meus queridos pais **Maria Santa Mendes Araujo e Valmir Araujo Correia**, pelo carinho e amor, por sempre acreditarem em mim e pelo incentivo.*

*À minha querida esposa **Ana Lucia Alves da Silva** pelo amor, companheirismo e pela compreensão.*

*À minha princesa **Luiza Alves Mendes** pela a surpresa e vinda a esse mundo.*

*Aos meus irmãos **Clebiana Mendes e Joniel Mendes**, pelo afeto, respeito e amor.*

*Aos meus sogros **Roberta Amorim e Raimundo Alexandre** pelo afeto e confiança em mim depositada.*

*A todos os professores, funcionários e amigos que fazem parte da **Universidade Federal do Piauí**, que em muitas ocasiões tornaram-se os meus amigos mais chegado...*

DEDICO.

AGRADECIMENTOS

Ao meu Deus, pelo amor eterno, por ter me dado o fôlego de vida e por estar sempre presente na minha vida, e principalmente por ter me proporcionado esta oportunidade de realizar um dos meus sonhos e de estar aqui neste momento agradecendo a todos os meus amigos.

À Universidade Federal do Piauí *Campus* Professora Cinobelina Elvas onde tive a oportunidade de realizar a minha Graduação e ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia pela oportunidade de realização do curso de Mestrado.

À CAPES pela concessão da bolsa de estudos que foi de suma importância para a realização do curso de mestrado.

Ao Prof. Dr. José Lindenberg Rocha Sarmento pela confiança, ensinamentos, paciência, respeito, amizade e orientações.

Ao Prof. Dr. Natanael Pereira da Silva Santos pelos ensinamentos, paciência, amizade e por aceitar ser o meu Co-orientador.

Aos Professores membros da banca Daniel Biagiotti e Aurino de Araújo Rego Neto pelas contribuições, que foram importantes para concretização desta pesquisa.

Ao professor Max Brandão de Oliveira pela ajuda na realização das análises, por ter reservado um momento de suas responsabilidades para nos ajudar.

Ao meu amigo Luciano Sena pelo auxílio nas análises quando sempre que precisei estava pronto a me ajudar.

Aos meus amigos André Campelo Araujo e Joseane Nunes Batista pelo companheirismo e pela atenção que sempre que precisei estavam prontos a me ajudarem.

Aos meus parentes em geral, que estavam sempre presentes em todos os momentos da minha vida, mesmo distante, por todo amor, carinho, compreensão, companhia, preocupação, confiança e força.

Aos meus irmãos em Cristo Jesus aqui muito bem representado pelo Pastor Manoel Barbosa e família, pelas orações realizadas por mim.

Aos meus primos e amigos aqui representados por Ranes Batista pela confiança.

Aos meus amigos do Grupo GEMA, que estiveram sempre presentes nas horas tristes e alegres dando força e incentivo.

Aos funcionários da UFPI/CPCE que me ajudaram quando se fez necessário.

A todos o **MEU MUITO OBRIGADO!**

“Mas disse ao homem: Eis que o temor do Senhor é a sabedoria, e apartar-se do mal é a inteligência”.

(Bíblia Sagrada, Jó 28:28)

BIOGRAFIA DO AUTOR

Johnny Iglesias Mendes Araujo, filho de Maria Santana Mendes Araujo e Valmir Araujo Correia, nasceu em Gama, Estado do Distrito Federal - DF, no dia 09 de Janeiro de 1987.

Em Março de 2010 ingressou no curso de Zootecnia pela Universidade Federal do Piauí, Campus Professora Cinobelina Elvas - Bom Jesus-PI, concluindo em Julho de 2014.

Em Janeiro de 2015 ingressou no curso de Especialização em Gestão e Educação Ambiental pela Universidade Estadual do Piauí, concluindo em Abril de 2016.

Em Agosto de 2015, ingressou no curso de Pós-graduação em Zootecnia sendo orientado pelo Prof. Dr. José Lindenberg Rocha Sarmiento e Co-orientado pelo Prof. Dr. Natanael Pereira da Silva Santos, nível de Mestrado, na área de concentração de Produção Animal, na Universidade Federal do Piauí, Campus Professora Cinobelina Elvas - Bom Jesus-PI, realizando estudos na Linha de pesquisa em Melhoramento e Reprodução Animal.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	ix
LISTA DE FIGURAS	x
RESUMO GERAL	xi
ABSTRACT GERAL	xii
INTRODUÇÃO GERAL	13
CAPÍTULO 1. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
1 RAÇA SANTA INÊS	16
2 VERMINOSES GASTRINTESTINAIS	17
3 RESISTÊNCIA À VERMINOSE	17
4 MÉTODOS QUE AUXILIAM NO DIAGNÓSTICO DA RESISTÊNCIA À VERMINOSES	19
5 ALOGORITMO <i>K-MEANS</i>	22
6 PARÂMETROS GENÉTICOS PARA RESISTÊNCIA À VERMINOSE.....	24
7 INFERÊNCIA BAYESIANA	25
8 MODELO DE LIMIAR	28
9 ANÁLISES UNICARACTERÍSTICA E MULTICARACTERÍSTICA	29
10 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	30
CAPÍTULO 2. ANÁLISE DE AGRUPAMENTO NÃO HIERÁRQUICO PARA DETERMINAÇÃO DA CARACTERÍSTICA RESISTÊNCIA À VERMINOSE EM OVINOS DE CORTE	38
RESUMO	39
ABSTRACT	40
1 INTRODUÇÃO.....	40
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	42
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	45
4 CONCLUSÕES	51
5 REFERÊNCIAS	51
CAPÍTULO 3. PARÂMETROS GENÉTICOS PARA RESISTÊNCIA À VERMINOSE EM OVINOS SANTA INÊS	57
RESUMO	58
ABSTRACT	58
1 INTRODUÇÃO.....	59
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	60
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	66
4 CONCLUSÕES	75
5 REFERÊNCIAS	75
CONSIDERAÇÕES FINAIS	81
APÊNDICE	82

LISTA DE TABELAS

	Pág.
Capítulo 1	
Tabela 1. Valores de referências do hemograma das características de contagem de células vermelhas (RBC), hemoglobina (HGB), hematócrito (HCT), volume corpuscular médio (MCV), hemoglobina corpuscular médio (MCH), concentração de hemoglobina corpuscular média (MCHC), plaquetas (PLT) para ovinos.	22
Capítulo 2	
Tabela 1. Estatísticas descritivas dos valores do escore da condição corporal (ECC), altura da cernelha (AC), altura da garupa (AG), coloração da mucosa conjuntiva (FAMACHA [®]), contagem de células brancas (WBC), contagem de células vermelhas (RBC), hemoglobina (HGB), hematócrito (HCT), volume corpuscular médio (MCV), hemoglobina corpuscular médio (MCH), concentração de hemoglobina corpuscular média (MCHC), plaquetas (PLT), ovos por grama de fezes (OPG), em ovinos Santa Inês	54
Capítulo 3	
Tabela 1. Médias a <i>posteriori</i> para os componentes de (co)variâncias das características de coloração da mucosa conjuntiva (FAMACHA [®]), escore da condição corporal (ECC), hematócrito (HCT), ovos por grama de fezes (OPG) e resistência à verminose (RV), em ovinos Santa Inês sob análises uni e multicaracterística.....	78
Tabela 2. Médias, medianas e modas a <i>posteriori</i> para a herdabilidade das características de coloração da mucosa conjuntiva (FAMACHA [®]), escore da condição corporal (ECC), hematócrito (HCT), ovos por grama de fezes (OPG) e resistência à verminose (RV), em ovinos Santa Inês sob análises uni e multicaracterística.....	79
Tabela 3. Correlações genéticas (diagonal superior) e ambiental (diagonal inferior) entre a coloração da mucosa conjuntiva (FAMACHA [®]), escore da condição corporal (ECC), hematócrito (HCT), ovos por grama de fezes (OPG) e resistência à verminose (RV), em ovinos Santa Inês.....	80

LISTA DE FIGURAS

Capítulo 1		Pág.
Figura 1. Cartão de análise para o método FAMACHA [®] em ovinos.....		20

Capítulo 2

Figura 1. Gráfico de dispersão formado pela análise de agrupamento utilizando os valores da análise completa das características de coloração da mucosa conjuntiva (FAMACHA [®]), escore da condição corporal (ECC), hematócrito (HCT), altura da garupa (AG), altura da cernelha (AC), contagem de células brancas (WBC), contagem de células vermelhas (RBC), hemoglobina (HGB), plaquetas (PLT), hemoglobina corpuscular médio (MCH), volume corpuscular médio (MCV), concentração de hemoglobina corpuscular média (MCHC) e ovos por grama de fezes (OPG), em ovinos Santa Inês por meio do algoritmo <i>K-means</i>	55
Figura 2. Gráfico de dispersão formado pela análise de agrupamento utilizando os valores da análise reduzida das características de escore da condição (ECC), hematócrito (HCT), FAMACHA [®] e ovos por grama de fezes (OPG), em ovinos Santa Inês por meio do algoritmo <i>K-means</i>	56

RESUMO GERAL

ARAÚJO, J.I.M. **Estudo genético da resistência à verminoses gastrintestinais em ovinos tropicais**. 2017. 84 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal do Piauí, Bom Jesus, 2017.

Objetivou-se determinar a característica resistência à verminose (RV) em ovinos da raça Santa Inês, utilizando o algoritmo *K-means* e estimar os componentes de (co)variâncias e parâmetros genéticos para coloração da mucosa conjuntiva (FAMACHA[®]), hematócrito (HCT), ovos por grama de fezes (OPG), escore da condição corporal (ECC) e RV. Foram utilizadas informações de 221 ovinos Santa Inês com registros na Associação Brasileira dos Criadores de Ovinos, na região Meio-norte do Brasil. A característica RV foi definida com auxílio da análise de agrupamento não hierárquico utilizando o algoritmo *K-means*, a partir das combinações das características FAMACHA[®], OPG, HCT, contagem de células brancas (WBC), contagem de células vermelhas (RBC), hemoglobina (HGB), plaquetas (PLT), hemoglobina corpuscular médio (MCH), volume corpuscular médio (MCV), concentração de hemoglobina corpuscular média (MCHC), ECC, altura da cernelha (AC) e altura da garupa (AG). Esta foi denominada de análise completa. Ao considerar apenas as combinações entre FAMACHA[®], HCT, OPG e ECC, foi atribuída a denominação de análise reduzida. Foram formados três grupos, de modo que, na análise completa, um grupo foi composto por 170 animais (resistentes), um segundo grupo formado por 42 animais (resistência intermediária) e, por último, o terceiro grupo constituído por 9 animais (sensíveis). Na análise reduzida, os animais foram agrupados da mesma forma. Os animais do grupo em que os indivíduos apresentaram menores valores para OPG e FAMACHA[®] e maiores valores para as características sanguíneas (HCT, WBC, RBC, HGB, PLT, MCH, MCV e MCHC) e morfométricas (ECC, AC e AG) foram classificados como resistentes. Os animais que apresentaram maiores valores para OPG e FAMACHA[®] e menores valores para as variáveis sanguíneas foram classificados como sensíveis; e os animais que apresentaram valores entre os dois grupos (resistente e sensível) foram classificados como de resistência intermediária. Os resultados de ambas as análises foram equivalentes, de forma que os mesmos animais que foram agrupados por meio da análise completa foram verificados por meio da análise reduzida. A partir deste resultado, realizou-se a análise genética assumindo a classificação realizada com base na análise reduzida com RV tendo os grupos de fenótipos 1 (resistentes), 2 (resistência intermediária) e 3 (sensíveis). Um modelo animal bayesiano de limiar em análises uni e multicaracterística foi utilizado para estimar os componentes de (co)variâncias e parâmetros genéticos. As estimativas das variâncias genéticas aditivas na análise multicaracterística foram superiores para ECC, RV, HCT e OPG, em relação às estimadas na análise unicaracterística, com exceção de FAMACHA[®], que foi menor. As estimativas de herdabilidade para todas as características na análise multicaracterística foram superiores às obtidas na análise unicaracterística. RV foi a característica que apresentou maiores valores nas análises uni (0,33) e multicaracterística (0,52). As correlações genéticas estimadas entre as características FAMACHA[®] e RV (0,79), OPG e RV (0,77), e entre RV e HCT (-0,80) foram de alta magnitude. Dentre as correlações ambientais, a de maior magnitude foi estimada entre OPG e RV (0,91). É possível identificar os animais quanto à resistência a verminoses gastrintestinais em rebanhos de ovinos da raça Santa Inês utilizando apenas FAMACHA[®], HCT, OPG e ECC. Assim, ganhos genéticos podem ser alcançados a partir da seleção direta para RV e seleção indireta por meio das características FAMACHA[®] e OPG.

Palavras-chave: Análise de agrupamento, FAMACHA[®], herdabilidade, OPG, seleção.

GENERAL ABSTRACT

ARAÚJO, J.I.M. **Genetic study of resistance to gastrointestinal verminosis in tropical sheep.** 2017. 84 f. Dissertation (Master of Animal Science) - Federal University of Piauí, Bom Jesus, 2017.

In this study we aimed to determine the resistance to verminosis (RV) in Santa Inês sheep by using *K-means* algorithm and estimate the components of (co)variances and genetic parameters for the coloration of the conjunctival mucosa (FAMACHA[®]), hematocrit (HCT), faecal worm egg count (FWEC), body condition score (BCS), and RV. Information from 221 Santa Inês sheep registered by the Brazilian Association of Sheep Breeders was used, in the Mid-North region of Brazil. The trait RV was defined using non-hierarchical *K-means* clustering from the combinations of FAMACHA[®], FWEC, HCT, white blood cell count (WBC), red blood cell count (RBC), hemoglobin (HGB), platelet (PLT) count, mean corpuscular hemoglobin (MCH), mean corpuscular volume (MCV), mean corpuscular hemoglobin concentration (MCHC), BCS, height at withers (HW), and croup height (CH). This was considered as the complete analysis. In the reduced analysis only the combinations among FAMACHA[®], HCT, FWEC, and BCS were considered. Three groups were formed, so that in the complete analysis the first group was composed of 170 animals (resistant), the second group was composed of 42 animals (intermediate resistance), and the third group was composed of 9 animals (sensitive). In the reduced analysis animals were equally clustered. Animals which presented the lowest values for FWEC and FAMACHA[®], and highest values for blood (HCT, WBC, RBC, HGB, PLT, MCH, MCV, and MCHC) and morphometric (BCS, HW, and CH) traits were classified as resistant. Animals with the highest values for FWEC and FAMACHA[®], and lowest values for the blood variables were classified as sensitive. Animals with values between the resistant and sensitive groups were classified as intermediate resistant. The results of both analyses were equivalent, so that the same animals that were clustered by complete analysis were those verified with the reduced analysis. From this result, the genetic analysis was performed, assuming the classification based on the reduced analysis as RV having the phenotypic groups 1 (resistant), 2 (intermediate resistance), and 3 (sensitive). A Bayesian threshold animal model in single and multicharacteristic analyses was used to estimate the components of (co) variance and genetic parameters. The estimates of additive genetic variances in the multicharacteristic analysis were higher for BCS, RV, HCT, and FWEC than those estimated in the single-trait analysis, except for FAMACHA[®], which was lower. The heritability estimates for all the characteristics in the multicharacteristic analysis were superior to those obtained in the single-trait analysis. RV was the characteristic that presented higher values in the single-trait analysis (0,33) and multicharacteristic (0,52). The genetic correlations estimated between the FAMACHA[®] and RV (0,79), FWEC and RV (0,77) and RV and HCT (-0,80) characteristics were of high magnitude. Among the environmental correlations, the highest magnitude was estimated between FWEC and RV (0,91). Animals could be identified for resistance to gastrointestinal verminosis in Santa Inês sheep flocks using only information on FAMACHA[®], HCT, FWEC and BCS. Thus, genetic gains could be achieved from direct selection for RV as well as by indirect selection for FAMACHA[®] and FWEC.

Keywords: Clustering analyzes, FAMACHA[®], FWEC, heritability, selection.

INTRODUÇÃO GERAL

A incidência de verminoses gastrintestinais em rebanhos ovinos pode comprometer o desempenho dos animais, diminuir o ganho de peso, a produção, a qualidade da carcaça e aumentar a taxa de mortalidade dos animais, o que pode impactar na economia da atividade. Dentre os parasitas de maior importância nas regiões do Semiárido, destaca-se o *Haemonchus contortus*, hematófago e altamente patogênico (COSTA et al., 2011).

No controle das verminoses é comum o uso de drogas antihelmínticas, em muitos casos, indiscriminadamente, o que vem fazendo com que os parasitas gastrintestinais tornem-se resistentes aos diversos princípios ativos utilizados na formulação de tais fármacos (AMARANTE, 2014). Essas observações têm estimulado pesquisadores a buscarem alternativas de controle das verminoses, visando reduzir o uso de produtos químicos e a concentração das drogas na carne e meio ambiente (DOBSON et al., 2011).

Uma alternativa promissora que pode ser incorporada ao controle parasitário é a seleção de animais geneticamente resistentes às verminoses, realizada por meio da inclusão de características associadas com a resistência à verminose em programas de melhoramento animal, tais como: ovos por grama de fezes (OPG), FAMACHA[®], escore da condição corporal (ECC) e exames hematológicos.

Em relação à capacidade dos ovinos resistirem às infecções causadas pelas verminoses, existe grande variação individual, de maneira que uns são resistentes e outros sensíveis. A resistência é a capacidade que o animal possui de impedir o desenvolvimento do ciclo de vida dos vermes gastrintestinais. Existe ainda a resistência intermediária que é a capacidade de suportar os efeitos da infecção parasitária (AMARANTE, 2004). No entanto, a proporção de animais resistentes, sensíveis ou com resistência intermediária varia em função da raça e da idade dos animais (SOTOMAIOR et al., 2007).

Na identificação dos animais resistentes às verminoses é importante o uso de métodos adequados que possibilitem a utilização de todas as informações das características dos animais. Com esse objetivo, a análise multivariada pode ser uma ferramenta eficaz na identificação de animais resistentes às verminoses, pois se refere aos métodos estatísticos que avaliam múltiplas medidas sobre cada indivíduo, permitindo estabelecer comportamentos, relações, interações e dinâmica entre as características e os fatores que determinam mudanças em sistemas (HAIR et al., 2009). Dentre os métodos, destaca-se a análise de agrupamento, que tem por finalidade discriminar objetos semelhantes em grupos, de forma a obter homogeneidade dentro e heterogeneidade entre

os grupos formados (BERTAN et al., 2006). Já entre os métodos de agrupamento não hierárquico, o algoritmo de particionamento mais utilizado é o *K-means*, e sua popularidade se deve a sua facilidade de implementação, ao fato de não impor restrições ao conjunto de dados e sempre convergir para uma solução (VELA et al., 2012).

Na estimação dos parâmetros genéticos para características associadas às verminoses gastrintestinais cujos dados não apresentam distribuição normal, por exemplo, variáveis categóricas como o ECC e o FAMACHA[®], o uso de modelos de limiar associado à inferência bayesiana torna-se uma ferramenta viável para estimação de componentes de variância em programa de seleção de ovinos, uma vez que considera a natureza descontínua da característica.

A importância desta pesquisa é determinar e estimar os parâmetros genéticos para à característica resistência à verminose (RV) pela limitada existência de estudos que abordem a temática, de maneira que a mesma seja utilizada em programas de melhoramento genético de rebanhos ovinos, com o intuito de auxiliar a seleção de animais resistentes às verminoses gastrintestinais. A identificação de animais resistentes às verminoses possibilitará a utilização de animais como reprodutores e matrizes aumentando a frequência gênica favorável a RV dos animais, que por sua vez, irá reduzir as perdas dos produtores de ovinos com a incidência dos parasitas gastrintestinais na ovinocultura.

Objetivou-se determinar a característica resistência à verminose em ovinos da raça Santa Inês, utilizando o algoritmo *K-means* e estimar os componentes de (co)variâncias e parâmetros genéticos para as características FAMACHA[®], HCT, OPG e RV em análises uni e multicaracterística via inferência bayesiana.

A dissertação foi estruturada conforme as normas para elaboração de dissertações do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da UFPI da seguinte forma: INTRODUÇÃO; CAPÍTULO 1 – Revisão Bibliográfica elaborada de acordo com as normas da ABNT; CAPÍTULO 2 – artigo científico intitulado: Análise de agrupamento não hierárquico para determinação da característica resistência à verminose em ovinos de corte; CAPÍTULO 3 – artigo científico intitulado: Parâmetros genéticos para resistência à verminose em ovinos Santa Inês e CONSIDERAÇÕES FINAIS. Os artigos científicos foram elaborados de acordo com as normas da Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira (<http://seer.sct.embrapa.br/index.php/pab>).

CAPÍTULO 1. REVISÃO DE LITERATURA
Elaborada de acordo com as normas da ABNT

1. RAÇA SANTA INÊS

A raça Santa Inês é a mais difundida e tornou-se uma excelente alternativa para incrementar a produção de carne ovina em todas as regiões do Brasil, principalmente, na região Nordeste, por se mostrar adaptada às condições climáticas da região. Em relação a sua origem existem muitas controvérsias, embora a mais provável seja que a raça é oriunda do cruzamento de animais Bergamacia, Morada Nova e Crioula (SOUSA et al., 2003).

Existe ainda a hipótese de que a raça Santa Inês é resultante de cruzamentos realizados entre as raças Bergamácia, Morada Nova, Somális e ovinos Sem Padrão Racial Definido (SPRD) que tiveram origem na Bahia, após períodos de seleção natural e genealógica, realizada por criadores e técnicos (PAIVA, 2005). Há também relatos que aproximam a raça Santa Inês da raça Rabo Largo (PAIVA et al., 2003), e que o novo porte da raça pode ser devido a cruzamentos com animais Suffolk (CARNEIRO et al., 2010).

As ovelhas Santa Inês possuem características extremamente interessantes como: maior rusticidade, menores exigências nutricionais, acentuada habilidade materna e maior resistência a endo e ectoparasitas (BUENO et al., 2006).

No que se refere à resistência de ovinos as verminoses gastrointestinais, Amarante (2004) relatou que o desenvolvimento da imunidade contra as infecções se manifesta precocemente. Cordeiros Santa Inês antes da desmama mostraram mais resistentes às infecções naturais por parasitas gastrintestinais do que cordeiros Ile de France (ROCHA et al., 2005).

Ao compararem ovinos Suffolk e Ile de France (raças europeias) com a raça brasileira Santa Inês nas condições do Nordeste, Amarante et al. (2004) relataram que animais exóticos são mais sensíveis aos *Haemonchus contortus* quando comparados com animais nativos. Bueno et al. (2002) observaram que os ovinos da raça Santa Inês são mais resistentes às verminoses que a Suffolk, Ile de France e Poll Dorset.

Em estudo realizado por Mexia et al. (2011) comparando ovelhas da raça Santa Inês com as raças Texel e Bergamácia, revelou que as ovelhas Santa Inês foram mais resistentes com média anual para OPG de 838,58; 1.240,31 e 1.821,33, respectivamente. Em estudo sobre a infecção de ovinos por parasitas gastrintestinais no Rio de Janeiro, Silva e Fonseca (2011) observaram que entre as fêmeas das raças Lacaune, Bergamácia, Santa Inês e Sem Padrão de Raça Definido (SPRD), as da raça Lacaune foram as mais sensíveis à infecção e as da raça Santa Inês as mais resistentes.

2. VERMINOSES GASTRINTESTINAIS

Na ovinocultura, a verminose gastrintestinal é comumente caracterizada por infecções mistas, causadas por diversas espécies de parasitas. Os animais são geralmente, parasitados pelas seguintes espécies: *Strongyloides*, *Bunostomum*, *Trichostrongylus*, *Ostertagia*, *Cooperia*, *Chabertia*, *Oesophagostomum*, *Trichuris*, *Nematodirus* e *Haemonchus contortus* (CHARLES, 1995). Em clima tropical a maior prevalência é dos gêneros *Haemonchus*, *Trichostrongylus*, e *Oesophagostomum*, sendo o *Haemonchus* o mais prevalente entre os três (BASSETO et al., 2009).

O *Haemonchus contortus* é considerado o principal parasito de ovinos, responsável pela elevada mortalidade dos animais, particularmente dos jovens (AROSOMEN et al., 1999). A elevada prevalência associada à ampla patogenicidade faz dele a principal espécie parasito de ovinos no Brasil (AMARANTE et al., 2004).

O ciclo de vida do *Haemonchus contortus* envolve uma fase livre e outra parasitária. A fase livre inicia-se com a liberação dos ovos nas pastagens por meio das fezes. As larvas do primeiro estágio (L1) desenvolvem-se em um ou dois dias e eclodem para se alimentarem de microrganismos nas fezes. Depois de uma muda, as larvas de segundo estágio (L2) resultante também se alimenta de microrganismos. A segunda muda-se, mas, não se completa no ambiente externo, de forma que a larva infectante de terceiro estágio (L3) presente na pastagem permanece envolvida pela cutícula do segundo estágio até que seja ingerida pelos ovinos, chegando a uma duração de aproximadamente sete dias (BOWMAN, 2006).

A fase parasitária ocorre no abomaso do hospedeiro em que, a L3 penetra na mucosa perde a sua bainha e muda para larvas de quarto estágio (L4) (BOWMAN, 2006). A larva de quarto estágio evolui para o quinto estágio (L5) ou estágio adulto e pode entrar ou não em um período de desenvolvimento inibido (hipobiose). O tempo gasto para o desenvolvimento da infecção no animal até os parasitos adultos produzirem ovos, é denominado período prépatente e varia de duas a três semanas para a maioria das espécies parasitárias de ovinos (TAYLOR et al., 2007).

3. RESISTÊNCIA À VERMINOSE

A resposta do animal as verminoses podem ser definidas em resistência, resistência intermediária (ou resiliência) e sensível (ou susceptível). A resistência é a capacidade que o

animal tem de impedir o desenvolvimento das verminoses, levando-os a produzir menos ovos fecundados, causando uma diminuição do número de larva infectante nas pastagens, o que acarretará em uma menor recontaminação (TORRES-ACOSTA e HOSTE, 2008).

A resistência intermediária é a capacidade dos animais de sobreviverem e serem produtivos mesmo quando infectados (COOP e KYRIAZAKIS, 2001), ou seja, mesmo com valores de OPG e FAMACHA[®] acima do recomendado os animais não demonstram sinais clínicos da infecção. A sensibilidade é quando o animal não é efetivo no controle das infecções, é incapaz de impedir o estabelecimento e o desenvolvimento das verminoses (AMARANTE, 2004).

A resistência às verminoses gastrintestinais é uma característica herdável, que pode ser uma alternativa de controle por meio da eliminação de animais sensíveis do rebanho, que pode diminuir acentuadamente a contaminação da pastagem e por consequência a transmissão dos parasitas gastrintestinais para outros animais (AMARANTE et al., 2004). A resistência aumenta na idade adulta, porém existem determinadas épocas e condições fisiológicas em que o animal encontra-se mais sensível às verminoses. Os animais jovens são mais sensíveis do que os adultos, que são menos predispostos devido à imunidade estabelecida pelas infecções anteriores (AHID et al., 2008).

A imunidade dos ovinos contra as infecções causadas pelas verminoses, geralmente, está associada com a resposta medida pelos linfócitos Th2, com o aumento do número de mastócitos na mucosa, eosinófilos, produção de anticorpos específicos, presença de substância inibidoras do muco e aumento de sua produção (AMARANTE e AMARANTE, 2003). As células do tipo Th2 secretam citocinas específicas que ativam a produção de imunoglobulinas nas respostas antiparasitárias, e o aumento do número de eosinófilos e mastócitos na mucosa gastrintestinal estão associadas com infecções causadas por endoparasitas (KRAWCZYK e SLOTA, 2009).

Em ovinos a resistência à verminose é uma característica influenciada por diversos fatores tais como: idade, sexo, estado fisiológico, estado nutricional e sanitário. Do mesmo modo, fatores externos influenciam as cargas parasitárias, como as condições climáticas e tipo de gramínea que determinam uma maior ou menor sobrevivência de larvas nas pastagens, o comportamento dos animais ao pastejar, alta taxa de lotação e o uso inadequado de drogas químicas (WALLER, 2006; YOSHIHARA et al., 2013).

4. MÉTODOS QUE AUXILIAM NO DIAGNÓSTICO DA RESISTÊNCIA À VERMINOSE

A contagem de ovos por grama de fezes (OPG) é realizada com a utilização de técnica desenvolvida por Gordon e Whitlock (1939) e modificada por UENO e GONÇALVES (1998). O método apresenta como vantagens a rapidez do diagnóstico frente à infecção parasitária e o baixo custo para a realização do exame, que geralmente é feito por amostragem no rebanho, que deve abranger animais de diferentes faixas etárias, visto que os animais diferem em termos de infestação de acordo com a idade (SILVA, 2011).

Trabalhos que avaliam a resistência à verminose utilizam OPG como principal parâmetro fenotípico para estimar os parâmetros genéticos em diferentes metodologias (YANDAV et al., 2006; MCMANUS et al., (2009). O OPG tem sido utilizado nos estudos sobre infecções parasitárias, por se mostrar diretamente proporcional ao grau de infecções ou carga parasitária nos animais. No entanto, esta técnica se tornaria inviável para grandes rebanhos de ovinos, cujos animais teriam de ter suas fezes amostradas e analisadas em laboratório periodicamente (SOTOMAIOR et al., 2009).

Ao comparar algumas raças ovinas quanto à resistência contra as infecções por verminoses gastrointestinais, Amarante et al. (2004) observaram que os ovinos Santa Inês apresentaram menores médias de OPG (225 a 11.475) quando comparados aos das raças Suffolk (50 a 20.625) e Ile de France (375 a 39.275) e maiores médias do hematócrito (HCT).

O método FAMACHA[®] é utilizado para o controle de verminoses, por ser um método prático, rápido e de baixo custo, que consiste na comparação de diferentes tonalidades da mucosa conjuntiva com notas que indicam a necessidade de tratar os animais. É a técnica mais conhecida de tratamento seletivo, uma vez que são vermifugados apenas os animais que apresentam anemia clínica (MAIA et al., 2013).

A avaliação da coloração da mucosa conjuntiva dos animais é realizada com o auxílio do cartão FAMACHA[®] (MALAN et al., 2001), que associa diferentes tonalidades da conjuntiva (vermelho, rosa-vermelho, rosa, rosa-pálido e branco) ao grau de anemia dos animais, mediante atribuição de notas de 1 a 5 aos diferentes graus de anemia (Figura 1).

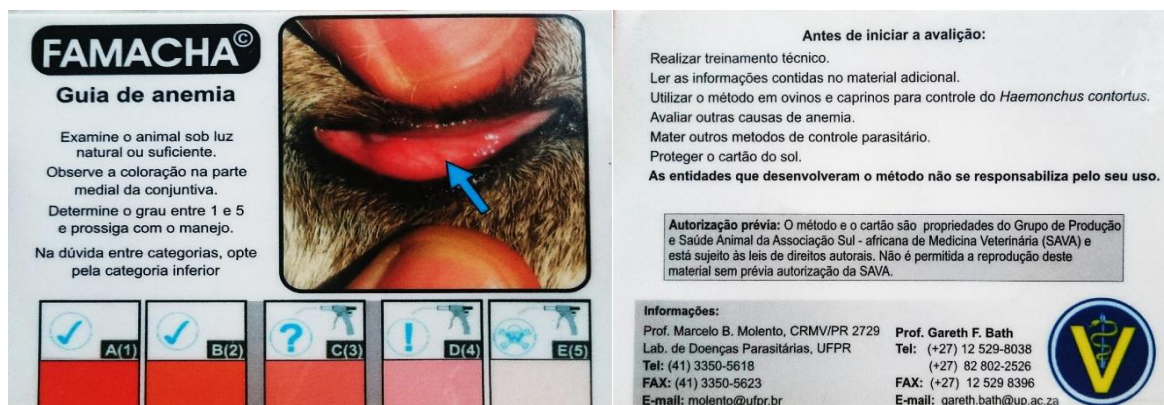


Figura 1. Cartão de análise para o método FAMACHA[®] em ovinos. (Adaptado de Vieira, 2008).

O método FAMACHA[®] consiste na avaliação clínica de diferentes graus de anemia decorrentes da infecção por *Haemonchus contortus*, com o objetivo de identificar clinicamente animais resistentes às infecções parasitárias, otimiza o tratamento de forma seletiva em situações reais no campo, sem a necessidade de laboratório (MOLENTO et al., 2004). É de suma importância que os avaliadores ou produtores tenham conhecimento prático e que estejam aptos a observar as variações na coloração entre os diferentes graus, permitindo assim diminuir a variação entre avaliadores. O avaliador também deve observar que o estresse, a subnutrição e outros fatores infecciosos podem causar anemia (AMARANTE, 2004).

O escore de condição corporal (ECC) é uma técnica simples realizada por palpação na região lombar e atribuição de notas, que vão de um a cinco, que representam: (1) Excessivamente magra; (2) Magra; (3) Normal; (4) Gorda e (5) Excessivamente gorda (OSÓRIO e OSÓRIO, 2003). É uma medida prática, de baixa tecnologia e aceita como indicador do estado geral e de reservas corporais do animal, além de ser utilizada na seleção indireta para o peso corporal (VAN BURGEL et al., 2011).

Embora seja um critério de natureza subjetiva, animal com escore baixo pode também estar associado à presença de verminoses gastrintestinais. O ECC é utilizado para estimar a quantidade de energia acumulada, ou seja, o status energético do animal em determinado estágio fisiológico (CEZAR e SOUSA, 2006). Besier et al. (2010), observaram que ovelhas com ECC baixos tendem a sofrer maior perda na produção devido às infecções por verminoses do que ovelhas com ECC superiores.

Os estudos da hematologia na área de produção animal têm demonstrado que o hemograma tem sido utilizado como um exame complementar para avaliar o estado de saúde dos animais (ROBERTO et al., 2010). Alguns dos efeitos sistêmicos observados pela

infecção por verminoses gastrintestinais, particularmente por *Haemonchus contortus* são as diminuições dos parâmetros hematológicos e bioquímicos dos animais (BLACKBURN et al., 1992).

O eritrograma pode ser dividido em contagem do número de hemácias (RBC), hemoglobina (HGB), porcentagem de hematócrito (HCT) e determinação dos índices eritrocitários (volume corpuscular médio (MCV), hemoglobina corpuscular médio (MCH), concentração de hemoglobina corpuscular média (MCHC)) (JAIN, 1993). A diminuição desses parâmetros indica anemia (LATIMER et al., 2003). Sendo a medida da hemoglobina a avaliação mais comum da situação nutricional do organismo. A carência proteica pode interferir com a biossíntese de hemoglobina, resultando no desenvolvimento de anemia (ALVARES, 2006).

Os índices eritrocitários devem ser interpretados em conjunto com a morfologia da hemácia. Os índices eritrocitários são utilizados para avaliar o grau de anemia. O aumento do volume corpuscular médio é um indicador de que a medula óssea está respondendo à perda de hemácias ou hemólise (ALVARES, 2006).

A anemia dos animais pode ser diagnosticada por meio da determinação do hematócrito (HCT), que indica o percentual de sangue ocupado pelas hemácias, e da Hemoglobina, uma proteína portadora de ferro que fica dentro das hemácias e é responsável pelo transporte de oxigênio dos pulmões para todo o organismo. A grande perda sanguínea dos ovinos pela ação intensa de hematofagismo e secreção de substâncias anticoagulantes de algumas verminoses gastrintestinais, pode resultar em anemia por deficiência de ferro (SMITH, 1993).

Indicadores fenotípicos como OPG e contagem de células vermelhas (RBC) têm sido utilizados para selecionar ovinos resistentes às verminoses gastrintestinais em várias pesquisas (NEVES, 2010; ROSALINSKI-MORAES et al., 2011). Sotomaior et al. (2007) no estado do Paraná, classificaram como resistentes e sensível às verminoses gastrintestinais os ovinos que apresentaram hematócrito (HCT) acima de 29,7% e abaixo de 22,83%, respectivamente. Whitlock et al., (1958) também classificaram ovinos em resistentes e sensíveis, com base nos valores de HCT. Aqueles que apresentaram HCT inferior a 20%, quando submetidos à pastagem contaminada, foram considerados como sensíveis.

O conhecimento dos valores do hemograma para animais sadios ou não é de suma importância, pois permitem distinguir se alterações observadas em diferentes casos são

oriundas de infecções parasitárias ou não. Alguns valores de referências para ovinos de acordo com Kramer (2000) estão sumarizados na Tabela 1.

Tabela 1. Valores de referências do hemograma das características de contagem de células vermelhas (RBC), hemoglobina (HGB), hematócrito (HCT), volume corpuscular médio (MCV), hemoglobina corpuscular médio (MCH), concentração de hemoglobina corpuscular média (MCHC), plaquetas (PLT) para ovinos.

Características	Valores de referências para ovinos
RBC ($10^{12}/L$)	9,0-15,0
HGB (g/dL)	9,0-15,0
HCT (%)	27-45
MCV (fL)	28-40
MCH (pg)	8,0-12,0
MCHC (%)	31-34
PLT ($10^9/L$)	100-800

Nota: g/dL = gramas por decilitro de sangue; % = percentual; fL = femtolitro; pg = picogramas. Fonte: (Kramer, 2000).

5. ALGORITMO *K-MEANS*

Em análise de dados, a estatística multivariada consiste em um conjunto de métodos estatísticos que permite confrontar diversas características simultaneamente de cada elemento amostral. As técnicas de estatística multivariada têm o propósito de simplificar ou facilitar a interpretação do fenômeno estudado e o seu desenvolvimento tem possibilitado o estudo acurado de fenômenos cada vez mais complexos (BAKKE et al., 2008). Entre as diversas técnicas multivariadas, destaca-se a análise de agrupamento que é uma técnica utilizada para discriminar os elementos da amostra (população), em grupos de forma que os elementos pertencentes a um mesmo grupo sejam homogêneos entre si e os elementos em grupos diferentes sejam heterogêneos (HAIR et al., 2009).

São diversos os métodos utilizados na análise de agrupamento, dentre os quais para a análise de agrupamento não hierárquico o algoritmo *K-means* ou *K-médias* é o mais aplicado devido a sua eficiência computacional, simplicidade e facilidade de implementação (VELA et al., 2012). Por repartição iterativa, o método *K-means* agrupa os objetos (indivíduos) em *K* grupos (predefinidos pelo usuário ou pesquisador), de forma que minimiza a soma da distância de cada dado, ou seja, minimiza a variância intra-grupos e maximiza a variância inter-grupos.

O método inicia-se, usando os valores dos primeiros ‘K’ casos como estimativas temporárias das médias dos grupos. Os centroides iniciais são formados pela designação de

cada caso ao grupo de centro mais próximo. Com a inclusão de cada caso, a média altera-se, alterando assim o centroide. Um processo iterativo é usado para achar os centroides finais de cada grupo. A cada passo, os casos são agrupados ao grupo de centro mais próximo, e novamente as médias são recalculadas. Este processo continua até que não haja mais alterações nas médias ou que um número predeterminado de iterações aconteça, encerrando-se o processo (HAIR et al., 2005).

De forma resumida os procedimentos do algoritmo *K-means* podem se descrito pelos seguintes passos:

a) O processo de partição inicia-se, com a escolha do K centroides, chamados de também de sementes iniciais (de forma aleatória);

b) Por meio de uma medida de distância, por exemplo, a Distância Euclidiana cada objeto do conjunto de dados é, então, comparado com cada centroide inicial. O objeto é alocado ao grupo cuja distância é a menor;

c) Para cada um dos n objetos amostrais recalculam-se os valores dos centroides para cada novo grupo formado, repete-se o passo *b*, considerando os centroides destes novos grupos;

d) Repetir os passos *b* - *c* até que todos os objetos amostrais estejam bem estabilizados em seus grupos, ou seja, até nenhum objeto mudar de grupo.

Uma boa consideração da divisão de um conjunto de observações em K grupo é aquela onde os objetos de um mesmo grupo são os mais parecidos entre si (menor variância intra-grupo) e de grupos diferentes são os mais diferentes entre si (variância inter-grupo). O critério mais utilizado de homogeneidade dentro do grupo e heterogeneidade entre os grupos é o da soma dos quadrados residual baseado na Análise de Variância. Assim, quanto menor for este valor, mais homogêneos são os objetos dentro de cada grupo e melhor será a partição (BUSSAB et al., 1990).

Em relação aos dados, um número pequeno de conjuntos pode causar a junção de dois grupos naturais, enquanto que um número grande pode fazer com que um grupo natural seja quebrado artificialmente em dois (LINDEN, 2009). Ainda não existe consenso entre os autores em relação ao número ótimo ou máximo de grupos, ou seja, não existe nenhuma comprovação teórica ou matemática que mostre o melhor valor de K , mas, em geral é apropriado atingir valores entre dois ou três grupos (AZAR et al., 2013).

O algoritmo *K-means* exige escala métrica ou admitem a escala não métrica somente se esta for apresentada na forma binária, exige também a padronização das variáveis, de maneira que variáveis com magnitudes diferentes precisam ser padronizadas

antes do cálculo de distância entre objetos a serem posicionados no mapeamento gerado pela técnica (HAIR et al., 2005; ALENCAR et al., 2013).

É apropriado para o agrupamento de grandes conjuntos de observações em uma determinada análise, ainda que também possa ser aplicado em menores. Quando é grande o uso do *K-means* pode ser melhor que o uso das outras técnicas hierárquicas. Os resultados representados na forma de árvores, binárias ou *n*-áreas, são difíceis de análise quando se tem muitos objetos (JOHNSON e WICHERN, 1998).

Na literatura existem funções que são aplicadas como medida de similaridade ou dissimilaridade em problemas de agrupamento de dados, como a Distância Euclidiana (XU e WUNSCH, 2005). As medidas de dissimilaridade são as mais apropriadas em banco de dados referentes às variáveis quantitativas e, logo, quanto menor os seus valores, mais similares serão os elementos que estão sendo comparados (MINGOTI, 2005).

A Distância Euclidiana é o coeficiente de dissimilaridade mais conhecido e usado neste algoritmo, principalmente para encontrar distância entre pontos de objetos e centroides. Trata-se, da distância geométrica entre dois pontos no espaço. Cada observação é tomada como sendo um ponto e o cálculo do coeficiente representa a distância física entre cada uma delas (ALENCAR et al., 2013), que pode ser representada matematicamente como segue:

$$D_{AB} = \sqrt{\sum_{i=1}^p (x_{iA} - x_{iB})^2},$$

em que: D_{AB} : é a Distância Euclidiana do objeto A ao objeto B; x_{iA} : é o valor de A para cada variável; x_{iB} : é o valor de B para cada variável.

Apesar do algoritmo *K-means* ser extremamente veloz, de fácil implementação, comumente converge em poucas iterações para uma configuração estável e ser confiável, apresenta como pontos negativos: a característica de ser sensível a escolha dos centros iniciais, a presença de *outliers* e da sobreposição entre os agrupamentos (AZAR et al., 2013).

6. PARÂMETROS GENÉTICOS PARA RESISTÊNCIA À VERMINOSE

O conhecimento sobre parâmetros genéticos e fenotípicos é imprescindível para a condução eficiente de qualquer programa de melhoramento animal. A predição dos valores

genéticos dos animais depende da estimativa acurada da herdabilidade e das correlações genéticas para as características consideradas na seleção (LÔBO e SILVA, 2005).

O fenótipo OPG na seleção de animais resistentes à verminoses gastrintestinais tem sido objetivo de programas de melhoramento genético na Austrália, Nova Zelândia e Uruguai (CASTELLSS et al., 2002). Quando a herdabilidade para OPG é medida em animais experimentalmente infectados por *Haemonchus contortus* as estimativas de herdabilidade variam de 0,39 a 0,48 (GRUNER et al., 2004). Goldenberg et al. (2012), utilizaram a inferência Bayesiana para estimação de parâmetros genéticos ligados à resistência de cordeiros e ovelhas, a partir do OPG, observaram valores de herdabilidade de 0,08 a 0,25 utilizando a transformação $\log_e(\text{opg} + 100)$. Vanimisetti et al. (2004) observaram herdabilidade para HCT variando de 0,29 a 0,49.

Os autores Riley e Van Wyk (2009) ao estudarem ovinos da raça Merino para seleção de animais resistentes às verminoses empregou o método FAMACHA[®] para obtenção da estimativa de herdabilidade, que oscilou de 0,06 a 0,24 ao utilizarem a metodologia Máxima Verossimilhança Restrita (REML). Essa estimativa foi realizada em forma de conjunto de dados individuais, no qual utilizaram dados repetidos ao longo do tempo para a característica avaliada, em que o valor da estimativa aumentou de acordo com a quantidade de informações de cada indivíduo.

Os resultados apresentados por Riley e Van Wyk (2009), indicaram que o FAMACHA[®] é eficiente no controle seletivo de animais que apresentam anemia causada por parasitas hematófagos, pois apresentou uma correlação genética negativa com o ECC (-0,21) e positiva, variando de 0,75 a 0,80, com OPG. Loria et al. (2009), observaram correlação genética positiva de 0,15 entre FAMACHA[®] e OPG em ovinos adultos. Com essa correlação baixa não há garantia que a seleção de animais resistente feito com base no OPG implicaria em animais mais resistentes de acordo com o FAMACHA[®]. Kawano et al., (2001), observaram correlação genética negativa entre a hemoglobina e a contagem de *Haemonchus contortus*, indicando que a diminuição da hemoglobina no sangue pode estar associada à taxa de infecção por este verme, caracterizando um quadro clínico de anemia.

7. INFERÊNCIA BAYESIANA

A inferência bayesiana tem proporcionado novas perspectivas a questões relacionadas à estimação de componentes de (co)variância e parâmetros genéticos. Isso ocorre por que o método aparece como uma alternativa de grande flexibilidade, tanto em

relação aos modelos que podem ser utilizados nas análises, quanto em relação às inferências que podem ser realizadas a partir dos resultados, além da possibilidade de ser aplicadas utilizando conjuntos de dados pequenos ou grandes (FARIA et al., 2007).

O método consiste em descrever erros que possam existir em torno da estimativa de um parâmetro, usando como medida do erro a probabilidade de que o parâmetro apresente determinado valor (GARNERO et al., 2013). Na necessidade de uma estimação pontual de dado parâmetro em uma determinada análise pode se usar as medidas de tendência central (média, moda e mediana). Diferentemente da análise clássica, não faz distinção entre variáveis fixas e aleatórias, sendo que todos os parâmetros a serem estimados são considerados variáveis aleatórias na modelagem (GIANOLA e FERNANDO, 1986).

A inferência bayesiana é fundamentada no Teorema de Bayes, que por sua vez, consiste em métodos probabilísticos para descrever o valor verdadeiro dos parâmetros estudados. Além de permitir a incorporação de informação *a priori* sobre os parâmetros de verossimilhança dos dados e *a posteriori* que considera o parâmetro uma variável aleatória, que pode ser representado como segue:

$$p(\theta|y) = \frac{p(y|\theta).p(\theta)}{p(y)},$$

em que: $p(\theta|y)$ é a densidade de probabilidade da distribuição *a posteriori* de θ e Y ; $p(y|\theta)$ é a distribuição das observações; $p(\theta)$ é a função densidade de probabilidade *a priori*; $p(y)$ é a distribuição marginal das observações.

Como $p(y)$, distribuição marginal das observações, é constante e não depende de θ , a densidade *a posteriori* pode se dada por: $p(\theta|y) \propto p(y|\theta)p(\theta)$, em que: \propto – representa a proporcionalidade.

Existe a distribuição *a priori* informativa e *a priori* não informativa (*flat*). Quando o pesquisador tem alguma informação prévia sobre o que está estudando, ele pode usar uma *priori* informativa. Pode acontecer que em determinado estudo o pesquisador tenha pouca ou nenhuma informação para se incorporar à *priori*; quando isto acontece, a distribuição considerada é a não informativa (*flat*) (CARNEIRO JR. et al., 2005).

No passado essa metodologia tinha sido abandonada, usualmente devido a complicada resolução de múltiplas integrais, muitas vezes com uso de métodos numéricos (Cantet et al., 1992), que podem não ser de fácil resolução. Porém, com a descoberta dos métodos Monte Carlo via Cadeias de Markov (MCMC), dentre os quais se destaca o amostrador de *Gibbs Sampler* (GS), solucionaram problemas que não foram resolvidos no passado devido à impossibilidade de resolução das integrais (SANTOS, 2011).

Em estudos de avaliação genética, dentro do melhoramento genético animal Nogueira et al. (2003) destaca que o método Amostrador de *Gibbs* é o mais utilizado. O método é um procedimento de integração numérica, usada na estimação das distribuições conjunta e marginal de todos os parâmetros do modelo, por meio da reamostragem de todas as distribuições condicionais da cadeia de Markov (BLASCO, 2001). É uma técnica para a obtenção indireta de variáveis aleatórias de uma distribuição (marginal), sem a necessidade de calcular a sua função densidade de probabilidade conjunta e a resolução de integrais (YOKOO et al., 2013).

Na medida em que o número de iterações aumenta $N \rightarrow \infty$, a sequência se aproxima de sua condição de equilíbrio, ou seja, ela atinge a característica de estacionariedade com um comportamento assintótico. De tal modo, assume-se que a convergência é atingida em uma iteração cuja distribuição esteja arbitrariamente próxima da distribuição de equilíbrio, ou seja, a marginal desejada, e não no sentido formal e inatingível do número de iterações tendendo para o infinito (SILVA, 2009).

Outra forma utilizada como um dos indicativos de convergência é o Erro de Monte Carlo (EMC). O EMC é considerado pequeno quando seu valor somado à estimativa média da distribuição *posteriori* dos coeficientes de herdabilidade não altera o valor da estimativa, de modo que seja considerada até a segunda casa decimal da herdabilidade (FARIA et al., 2008).

Na prática, normalmente a amostragem inicial é fundamentada na distribuição *a priori* fornecida e ocorre fora da distribuição real dos parâmetros. Por isso, um número significativo de iterações deve ser descartado antes da retirada das amostras a serem consideradas na inferência. Este período de descarte inicial é chamado de *burn-in* e tem por objetivo fazer com que o Amostrador se distancie da *priori* e atinja uma distribuição estacionária do parâmetro (VAN TASSELL e VAN VLECK, 1995).

O *burn-in* é o número de ciclos que devem ser descartados antes que as amostras produzidas pelos GS possam ser consideradas amostras das distribuições *posteriori*, ou seja, antes que a convergência tenha ocorrido. Amostras consecutivas, obtidas de uma cadeia GS, podem ser altamente correlacionadas. Para obterem-se amostras independentes não correlacionadas, é necessário eliminar resultados de ciclos intermediários da cadeia amostral. O intervalo de retirada das amostras utilizadas é denominado intervalo amostral e deve ser suficiente para que as amostras utilizadas não sejam correlacionadas (FARIA et al., 2007).

O algoritmo de GS produz uma cadeia de amostras de *Gibbs* de tantos ciclos quanto forem especificados. Este aspecto é muito importante, porque está intimamente relacionado com a convergência das distribuições posteriores dos parâmetros. Se o número de ciclos definido pelo pesquisador for adequado, as médias posteriores das amostras serão estimativas válidas das distribuições posteriores dos parâmetros (FARIA et al., 2007).

É a partir da distribuição a *posteriori* que são realizadas as inferências sobre os parâmetros genéticos e suas devidas interpretações. Ela é uma distribuição de probabilidade para o parâmetro desconhecido θ , ou ainda, é a descrição da incerteza sobre o parâmetro depois da amostra ter sido observada (OLIVEIRA, 2013).

A inferência bayesiana tem sido utilizada na estimação de parâmetros genética ligada à resistência às verminoses. Nieto et al., (2003) estimaram a herdabilidade para resistência genética em ovinos por meio da inferência bayesiana utilizando um modelo Limiar. Goldenberg et al. (2012) utilizaram essa metodologia para estimação de parâmetros genéticos ligados à resistência de cordeiros e ovelhas no periparto a verminose.

Trabalhos desenvolvidos no Estado do Piauí por alguns pesquisadores, já vêm também utilizando essa metodologia em estudos relacionados com a resistência à verminoses gastrintestinais de ovinos e caprinos (SANTOS, 2014; TORRES, 2015; RODRIGUES, 2016). Figueiredo Filho et al., (2017), utilizaram a inferência bayesiana para estimativa de parâmetros genéticos para características de carcaça e escore corporal em ovinos de corte. Santos et al., (2013), utilizaram também a inferência bayesiana para estudo voltado para os Aspectos ambientais e genéticos da prolificidade em caprinos.

8. MODELO DE LIMIAR

Na análise genética envolvendo dados categóricos como exemplo, escore da condição corporal (ECC) e FAMACHA[®] em estudos associados à resistência às verminoses em ovinos, geralmente, não apresentam distribuição normal. Assim, uma melhor atenção deve ser dada aos procedimentos das análises, uma vez que os modelos lineares, usuais na avaliação genética, consideram tais características como contínuas ignorando sua natureza discreta (LUO et al., 2002). Dessa forma, propõe-se a utilização de modelos de limiar que são fundamentados na suposição de que as classes de dados categóricos estão relacionadas a um delineamento de uma escala subjacente normal (GIANOLA e SORENSEN, 2002).

O modelo de limiar assume que, conjuntamente ao fenótipo expresso de forma categórica, o qual não apresenta distribuição normal repousa uma postulada base genética e ambiental normalmente distribuída. Valores na escala observável são ligados por uma escala subjacente, não visível, por intermédio de pontos de limiar entre categorias consecutivas (GIANOLA, 1982).

As estimativas referentes à determinada categoria são observadas se os valores da escala subjacente estiverem localizados entre os limiares que definem essa categoria. Dessa forma, a distribuição de probabilidade das estimativas para dados categóricos, depende da posição da média da distribuição subjacente contínua em relação aos limiares fixos (FARIA et al., 2008).

Em termos práticos, a escala subjacente é contínua e a escala visível é descontínua, mas as duas são conectadas pelo limiar ou ponto de descontinuidade, de tal modo que, animais cujos valores fenotípicos na escala subjacente ultrapassam o limiar, aparecerão numa classe, enquanto os animais abaixo desse limiar aparecerão na outra classe. Porém, a expressão do fenótipo na escala subjacente é influenciada por muitos fatores genéticos e ambientais que modificam a manifestação do carácter (SANTOS et al., 2012).

A seleção com base nos valores genéticos obtidos com modelos de limiar pode promover maior ganho genético em função da melhor identificação dos animais e da obtenção de herdabilidades mais altas na escala subjacente (VAN TASSEL et al., 1998). As estimativas de herdabilidades tendem a serem maiores comparadas às obtidas por modelos lineares (MARCONDES et al., 2005). Luo et al. (2002) relataram que o modelo de limiar são adequados para análises categóricas, e que os resultados estimados pela a análise multicaracterística foram superiores.

9. ANÁLISES UNICARACTERÍSTICA E MULTICARACTERÍSTICA

No melhoramento animal, o método de estimação dos parâmetros genéticos com o estabelecimento de um modelo adequado que descreva corretamente os dados e com a inclusão de todas as informações das características medidas nos animais, torna-se um fator importante nas análises genética. Assim, com o avanço do desenvolvimento de tecnologias da computação, a análise multicaracterística tem ganhado adesão, porém as uni e bicaracterística ainda são muito utilizadas (PEDROSA et al., 2014).

As estimativas dos parâmetros genéticos podem ser realizadas por meio de análises unicaracterística ou multicaracterística (MAGALHÃES et al., 2013). Porém, a escolha da

melhor análise, dependerá do resultado final obtido para as herdabilidades e correlações genéticas (SARMENTO et al., 2006). A escolha da análise multicaracterística no melhoramento animal tem o objetivo de alcançar maior eficiência na resposta à seleção, por utilizar de modo mais completo as informações disponíveis, considerar a existência de valores ausentes e empregar as correlações existentes entre as características estudadas (MARQUES et al., 2001).

A análise unicaracterística possibilita apenas, que seja estudada a variação existente dentro de uma característica. Já na multicaracterística à avaliação do animal para uma característica se faz pela contribuição de todas as outras envolvidas na análise (LASSEN, 2007). Boligon et al. (2009), relataram que a análise multicaracterística permite o estudo das (co)variâncias, ou seja, o quanto que uma característica varia em função de outra e isso é o que torna as análises mais seguras. De acordo com Magalhães et al. (2013), a análise multicaracterística permite melhor avaliação dos parâmetros genéticos em relação à unicaracterística, com variâncias genéticas obtidas com maior robustez, por considerar as correlações entre as características, permitindo maior eficiência no uso da informação disponível.

10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AHID, S.M.M.; SUASSUNA, A.C.D.; MAIA, M.B.; COSTA, V.M.M.; SOARE, H.S. Parasitos gastrintestinais em caprinos e ovinos da região oeste do Rio Grande do Norte, Brasil. **Ciência Animal Brasileira**, v.9, n.1, p.212-218, 2008.

ALENCAR, B.J.; BARROSO, L.C.; ABREU, J.F. Análise multivariada de dados no tratamento da informação espacial: uma abordagem com análise de agrupamentos. **Revista Iberoamericana de Sistemas, Cibernética e Informática**, v.10, n.2, p.6-12, 2013.

ALVARES, A.A.A. **Influência da adição de extrato de Yucca schidigera nos parâmetros bioquímicos e hematológicos de cães adultos consumindo duas rações comerciais**. 2006. Dissertação (Mestrado em Ciências Veterinárias) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.

AMARANTE, A.F.T.; AMARANTE, M.R.V. Breeding sheep for resistance to nematode infections. **Journal of Animal Veterinary Advances**, v.2, n.3, p.147-161, 2003.

AMARANTE, A.F.T. Resistência genética a helmintos gastrintestinais. SIMPÓSIO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE MELHORAMENTO ANIMAL. Pirassununga. **Anais...** Pirassununga-SP: SBMA, 2004.

AMARANTE, A.F.T.; BRICARELLO, P.A.; ROCHA, R.A.; GENNARI, S.M. Resistance of Santa Ines, Suffolk and Ile de France lambs to naturally acquired gastrointestinal nematode infections. **Veterinary Parasitology**, v.120, n.1, p.91-106, 2004.

AMARANTE, A.F.T. Sustainable worm control practices in South America. **Small Ruminant Research**, v.118, n.1, p.56-62, 2014.

- AROSOMEN, N.A.E.; BEVILAQUA, C.M.L.; MELO, A.C.F.L.; GIRÃO, M.D. Seasonal variations of gastrointestinal nematodes in sheep and goats from semiarid area in Brazil. **Revue de Medecine Veterinaire**, v.150, n.3, p.11-14, 1999.
- AZAR, T.A.; SAID, A.S.; HASSANIEN, A.E. Fuzzy and hard clustering analysis for thyroid disease. **Computer Methods and Programs in Biomedicine**, v.111, n.1, p.1-16, 2013.
- BAKKE, H.A.; LEITE, A.S.M; SILVA, L.B. Estatística multivariada: aplicação da análise fatorial na engenharia de produção. **Revista Gestão Industrial**, v.4, n.4, p.01-14, 2008.
- BASSETO, 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 suscetíveis à verminose. **Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária**, v.18, n.4, p.63-68, 2009.
- BERTAN, I.; CARVALHO, F.I.F.; OLIVEIRA, A.C.; VIEIRA, E.A.; HARTWIG, I.; SILVA, J.A.G.; RIBEIRO, G. Comparação de métodos de agrupamento na representação da distância morfológica entre genótipos de trigo. **Revista Brasileira de Agrociência**, v.12, n.3, p.279-286, 2006.
- BESIER, R.B.; LOVE, R.A.; LYON, J.; VAN BURGEL, A.J. A targeted selective treatment approach for effective and sustainable sheep worm management: investigations in Western Australia. **Animal Production Science**, v.50, n.12, p.1034–1042, 2010.
- BLACKBURN, H.D.; ROCHA, J.L.; FIGUEIREDO, E.P. Interactions of parasitism and nutrition in goats effects on haematological parameters, correlations and other statistical associations. **Veterinary Parasitology**, v.44, n.3, p.183-197, 1992.
- BLASCO, A. The Bayesian controversy in animal breeding. **Journal of Animal Science**, v.79, n.8, p.2023-2046, 2001.
- BOWMAN, D.D. **Parasitologia Veterinária de Georgis**. São Paulo: Manole, 2006, 422 p.
- BOLIGON, A.A.; ALBUQUERQUE, L.G.D.; MERCADANTE, M.E.Z.; LÔBO, R.B. Herdabilidades e correlações entre pesos do nascimento à idade adulta em rebanhos da raça Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.12, p.2320-2326, 2009.
- BUENO, M.S.; CUNHA, E.A.; VERÍSSIMO, C.J.; SANTOS, L.E.; LARA, M.A.C.; OLIVEIRA, S.M.; SPÓSITO FILHA, E.; REBOUÇAS, M.M. Infección por nematodos em razas de ovelhas carniças criadas intensivamente em la Región del Sudeste del Brasil. **Archivos de Zootecnia**, v.51, n.194, p.271-278, 2002.
- BUENO, M.S.; CUNHA, E.A.; SANTOS, L.E.; VERÍSSIMO, C.J. **Santa Inês: uma boa alternativa para a produção intensiva de carne de cordeiros na região Sudeste**. 2006. Disponível em: <http://www.infobibos.com/Artigos/2006_2/SantaInes/index.htm> Acesso em agosto de 2016.
- BUSSAB, W.O.; MIAZAK, E.S.; ANDRADE, D.F. Introdução à análise de agrupamentos. IV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PROBABILIDADE E ESTATÍSTICA. São Paulo: IME – USP, 1990.
- CANTET, R.J.C.; FERNANDO, R.L.; GIANOLA, D. Bayesian inference about dispersion parameters of univariate mixed models with maternal effects: Theoretical considerations. **Genetics Selection Evolution**, v.24, n.2, p.107-135, 1992.

CARNEIRO, H.; LOUVANDINI, H.; PAIVA, S.R.; MACEDO, F.; MERNIES, B.; MCMANUS, C. Morphological characterization of sheep breeds in Brazil, Uruguay and Colombia. **Small Ruminant Research**, v.94, n.1, p.58-65, 2010.

CARNEIRO JÚNIOR, J.M.; ASSIS, G.M.L.; EUCLYDES, R.F.; LOPES, P.S. Influência da informação *a priori* na avaliação genética animal utilizando dados simulados. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.6, p.1905-1913, 2005.

CASTELLS, D.; GRIGNOLA, F.; CARDELLINO, R.; CORONEL, F.; CASARETTO, A.; SALLES, J.; NARI, A. Resistência genética del ovino a los nematodos gastrointestinales. Acciones desarrolladas em el Uruguay. In CASTELLS, D. (Ed.). Resistência genética del ovino y su aplicación em sistemas de control integrado de parasitos. Rome: **FAO**, p. 87-90. 2002.

CEZAR, M.F.; SOUSA, W.H. Avaliação e utilização da condição corporal como ferramenta de melhoria da reprodução e produção de ovinos e caprinos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, p.649-678, 2006. [suplemento]

CHARLES, T.P. Disponibilidade de larvas infectantes de nematódeos gastrintestinais parasitas de ovinos deslanados no semiárido pernambucano. **Ciência Rural**, v.25, n.3, p.437-442, 1995.

COOP, R.L.; KYRIAZAKIS, I. Influence of host nutrition on the development and consequences of nematode parasitism in ruminants. **Trends Parasitology**, v.17, n.4, p.325-330, 2001.

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, 2011.

DOBSON, R.J.; HOSKING, B.C.; BESIÉ, R.B.; LOVE S.; LARSEN, J.W.A.; ROLFE, P.F.; BAILEY, J.N. Minimising the development of anthelmintic resistance, and optimising 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, 2011.

FARIA, C.U.; MAGNABOSCO, C.U.; ALBUQUERQUE, L.G.; REYES, A.D.L.; BEZERRA, L.A.F.; LOBO, R.B. Análise genética de escores de avaliação visual de bovinos com modelos bayesianos de limiar e linear. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.43, n.7, p.835-841, 2008.

FARIA, C.U.; MAGNABOSCO, C.U.; LÔBO, R.B.; BEZERRA, L.A.F. Inferência Bayesiana e sua aplicação na avaliação genética de bovinos da raça Nelore: revisão bibliográfica. **Ciência Animal Brasileira**, v.8, n.1, p.75-86, 2007.

FIGUEIREDO FILHO, L.A.S.; SARMENTO, J.L.R.; SANTOS, N.P.D.S.; SENA, L.S.; SOUSA JÚNIOR, A.D. Estimate of genetic parameters for carcass traits and visual scores in meat sheep using Bayesian inference via threshold and linear models. **Ciência Rural**, v.47, n.3, p.01-06, 2017.

GARNERO, A.V.; MARCONDES, C.R.; ARAÚJO, R.O.; OLIVEIRA, H.N.; LÔBO, R.B. Inferência bayesiana aplicada à estimação de herdabilidades dos parâmetros da curva de crescimento de fêmeas da raça Nelore. **Ciência Rural**, v.43, n.4, p.702-708, 2013.

GIANOLA, D.; SORENSEN, D. **Likelihood, Bayesian, and MCMC methods in quantitative genetics**. New York: Springer-Verlag, 2002, 740 p.

- GIANOLA, D.; FERNANDO, R.L. Bayesian methods in animal breeding theory. **Journal Animal Science**, v.63, n.1, p.217-244, 1986.
- GIANOLA, D. Theory and analysis of threshold characters. **Journal of Animal Science**, v.54, n.5, p.1079-1096, 1982.
- GORDON, H.M.; WHITLOCK, H.V. A new technique for counting nematode eggs in sheep faeces. **Journal of the Council of Scientific and Industrial Research**, v.12, n.1, p.50-52, 1939.
- GOLDENBERG, V.; CIAPPESONI, G.; AGUILAR, I. Genetic parameters for nematode resistance in periparturient ewes and post-weaning lambs in Uruguayan Merino sheep. **Livestock Science**, v.127, n.1, p.181-187, 2012.
- GRUNER, L.; BOUIX, J.; BRUNEL, J.C. High genetic correlation between resistance to *Haemonchus contortus* and to *Trichostrongylus colubriformis* in INRA sheep. **Veterinary Parasitology**, v.119, n.1, p.51-58, 2004.
- HAIR, J.F.; BLACK, W.C.; BABIN, B.J.; ANDERSON, R.E.; TATHAM, R.L. **Análise multivariada de dados**. 6.ed. Porto Alegre: Bookman, 2009.
- HAIR, J.F.Jr.; ANDERSON, R.E.; TATHAM, R.L.; BLACK, W.C. **Análise multivariada de dados**. 5.ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.
- JAIN, N.C. **Essentials of veterinary hematology**. 5.ed. Philadelphia Lea e Febiger, 1993, 417 p.
- JOHNSON, R.A.; WICHERN, D.W. **Applied Multivariate Statistical Analysis**. 4.ed. New Jersey: Prentice Hall, 1998.
- KAWANO, E.L.; YAMAMURA, M.H.; RIBEIRO, E.L.A. Efeitos do tratamento com anti-helmíntico em cordeiros naturalmente infectados com helmintos gastrintestinais sobre os parâmetros hematológicos, ganho de peso e qualidade da carcaça. **Arquivos da Faculdade de Veterinária do Rio Grande do Sul**, v.29, n.2, p.113-121, 2001.
- KRAMER, J.W. Normal hematology of cattle, sheep and goats. **Schalm's Veterinary Hematology**, v.5, p.1075-1084, 2000.
- KRAWCZYK, A.; SLOTA, E. Genetic markers to gastrointestinal nematode resistance in sheep: a review. **Helminthologia**, v.46, n.1, p.3-8, 2009.
- LATIMER, K.S.; MAHAFFEY, E.A.; PRASSE, K.W. **Duncan e Prasse's Veterinary Laboratory Medicine Clinical Pathology**. 4.ed. Iowa: Iowa State Press, 2003, 448 p.
- LASSEN, J.; SORENSEN, M.K.; MADSEN, P.; DUCROCQ, V. An approximate multitrait model for genetic evaluation in dairy cattle with a robust estimation of genetic trends. **Genetics Selection Evolution**, v.39, n.4, p.353-367, 2007.
- LINDEN, R. Técnicas de agrupamento. **Revista de Sistemas de Informação da FSMA**, v.1, n.4, p.18-36, 2009.
- LÔBO, R.N.B.; SILVA, F.L.R. Parâmetros genéticos para características de interesse econômico em cabras das raças Saanen e Anglo-nubiana. **Revista Ciência Agronômica**, v.36, n.1, p.104-110, 2005.
- LORIA, A.D.; VENEZIANO, V.; PIANTEDOSI, D.; RINALDI, L.; CORTESE, L.; MEZZINO, L.; CIARAMELLA, P. Evaluation of the FAMACHA[®] system for detecting the severity of anaemia in sheep from southern Italy. **Veterinary Parasitology**, v.161, n.1, p.53-59, 2009.

- LUO, M.F.; BOETTCHER, P.J.; SCKARFFER, L.R.; DEKKERS, J.C.M. Estimation of genetic parameters of calving ease in first and second parities of Canadian Holsteins using Bayesian methods. **Livestock Production Science**, v.74, n.2, p.175-184, 2002.
- MAGALHÃES, A.F.B.; LOBO, R.N.B.; FACÓ, O. Estimativas de parâmetros genéticos para características de crescimento em ovinos da raça Somalis Brasileira. **Ciência Rural**, v.43, n.5, p.884-889, 2013.
- MAIA, D.; MORAES, F.R.; SOTOMAIOR, C.S.; O método FAMACHA[®] como tratamento seletivo de pequenos ruminantes: revisão de literatura. **Veterinária Notícias**, v.19, n.1, p.41-66, 2013.
- MALAN, F.S.; VAN WYK, J.A.; WESSELS, C.D. Clinical evaluation of anemia in sheep: early trials. **Onderstepoort Journal Veterinary Research**, v.68, n.3, p.165-174, 2001.
- MARCONDES, C.R.; PANETO, J.C.C.; SILVA, J.A.V.; OLIVEIRA, H.N.; LÔBO, R.B. Comparação entre análises para permanência no rebanho de vacas Nelore utilizando modelo linear e modelo de limiar. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.57, n.2, p.234-240, 2005.
- MARQUES, L.F.A.; OLIVEIRA, H.N.; PEREIRA, J.C.C. Análises uni e bicaracterística dos pesos de bovinos Simental. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 2001, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: SBZ, 2001. CD-ROM.
- MCMANUS, C; LOUVANDINI, H; PAIVA, S.R.; OLIVEIRA, A.A.; AZEVEDO, H.C.; MELO, C.B. Genetic factors of sheep affecting gastrointestinal parasite infections in the Distrito Federal, Brazil. **Veterinary Parasitology**, v.166, n.3, p.308–313, 2009.
- MEXIA, A.A.; MACEDO, F.A.F.; OLIVEIRA, C.A.L.; ZUNDT, M.; YAMAMOTO, S.M.; SANTELLO, G.A.; SASA, A. Susceptibilidade a nematóides em ovelhas Santa Inês, Bergamácia e Texel no Noroeste do Paraná. **Ciências Agrárias**, v.32, n.1, p.1921-1928, 2011.
- MINGOTI, S. A. **Análise de dados através de métodos de estatística multivariada: uma abordagem aplicada**. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2005, 297 p.
- MOLENTO, M.B.; TASCA, C.; GALLO, A.; FERREIRA, M.; BONONI, R.; STECCA, E. Método FAMACHA[®] como parâmetro clínico individual de infecção por *Haemonchus contortus* em pequenos ruminantes. **Ciência Rural**, v.34, n.4, p.1139-1145, 2004.
- NEVES, M.R.M. **Utilização de marcadores fenotípicos para caracterização de ovinos 1/2 sangue Santa Inês naturalmente infectados com nematódeos gastrintestinais**. 2010. Dissertação (Mestrado em Produção Animal) – Universidade Estadual Vale do Acaraú, Sobral 2010.
- NIETO, L.M.; MARTINS, E.N.; MACEDO, F.D.A.F.; SAKAGUTI, E.S.; SANTOS, A.I. Utilização de um modelo de limiar na estimação da herdabilidade de resistência dos ovinos aos endoparasitos. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, v.25, n.1, p.151-155, 2003.
- NOGUEIRA, D.A.; SÁFADI, T.; BEARZOTI, T.; BUENO-FILHO, J.S.S. Análises clássica e bayesiana de um modelo misto aplicado ao melhoramento animal: uma ilustração. **Ciência e Agrotecnologia**, v.27, p.1614-1624, 2003.
- OLIVEIRA, A.P. **Inferência bayesiana na predição de parâmetros genéticos em bovinos da raça Tabapuã do Nordeste Brasileiro**. 2013. Tese (Doutorado em Zootecnia, Área de concentração em Produção de Ruminantes) – Universidade Estadual do Sudeste da Bahia, Itapetinga, 2013.

- OSÓRIO, J.C.S.; OSÓRIO, M.T.M. **Produção de carne ovina: técnicas de avaliação “in vivo” e na carcaça**. Pelotas, UFPEL, 2003. 73p.
- PAIVA, S.R. **Caracterização da diversidade genética de ovinos no Brasil com quatro técnicas moleculares**. 2005. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2005.
- PAIVA, S.R.; SILVÉRIO, V.C.; EGITO, A.A.; MCMANUS, C.; FARIA, D.A.; MARIANTE, A.D.S.; DERGAM, J. Caracterização Genética da raça Santa Inês. In: 2ND International Symposium on Sheep and Goat Production, 2003. João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: Empresa Estadual de Pesquisa Agropecuária da Paraíba, p.487- 499, 2003.
- PEDROSA, V.B.; PINTO, L.F.; FERRAZ, J.B.; ELER, J.P. Utilização de modelos unicaracterística e multicaracterística na estimação de parâmetros genéticos na raça Nelore. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.66, n.6, p.1802-1812, 2014.
- RILEY, D.G.; VAN WYK, 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.
- ROBERTO, J.V.B.; SOUZA, B.B.; SILVA, A.L.N.; JUSTINIANO, S.O.R.A.Y.A.V.; FREITAS, M.A.R.T.A.S. Parâmetros hematológicos de caprinos de corte submetidos a diferentes níveis de suplementação no semiárido paraibano. **Revista Caatinga**, v.23, n.1, p.127-132, 2010.
- ROCHA, R.A.; AMARANTE, A.F.T.; BRICARELLO, P.A. Resistance of Santa Inês and Ile de France suckling lambs to gastrointestinal nematode infections. **Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária**, v.14, n.1, p.17-20, 2005.
- RODRIGUES, F.N. **Genética da resistência à verminose em ovinos santa Inês**. 2016. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2016.
- ROSALINSKI-MORAES, F.; SOTOMAIOR, C.S.; SCHMIDT, E.M.S.; THOMAZ-SOCCOL, V. Uso de Marcadores Parasitológicos e Imunológicos na seleção de ovelhas resistentes às parasitoses gastrintestinais. **Archives of Veterinary Science**, v.16, n.1, p.7-20, 2011.
- SANTOS, G.V. **Modelos Linear e de Poisson para genética da resistência a endoparasitas em ovinos de corte**. 2014. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal do Piauí, Bom Jesus, 2014.
- SANTOS, N.P.; FIGUEIREDO FILHO, L.A.; CAMPELO, J.E.; PIMENTA FILHO, E.C.; SARMENTO, J.L.; SOUSA JÚNIOR, S.C. Aspectos ambientais e genéticos da prolificidade em caprinos utilizando modelos bayesianos de limiar e linear. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária Zootecnia**, v.65, n.3, p.885-893, 2013.
- SANTOS, N.P.S.; FIGUEIREDO FILHO, L.A.S.; SARMENTO, J.L.R.; MARTINS FILHO, R.; BIAGIOTTI, D.; NETO, A.A.R. Estimação de parâmetros genéticos de pesos em diferentes idades em bovinos da raça Nelore criados no Meio-Norte do Brasil usando Amostragem de Gibbs. **Acta Tecnológica**, v.7, n.2, p.1-7, 2012.
- SANTOS, N.P.S. **Aspectos ambientais e genéticos sobre características reprodutiva e produtiva em caprinos leiteiros utilizando inferência Bayesiana**. 2011. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2011.
- SARMENTO, J.L.R.; TORRES, R.A.; SOUSA, W.H.; LOPES, P.S.; BREDAS, F.C. Estimação de parâmetros genéticos para características de crescimento de ovinos Santa

Inês utilizando modelo uni e multicaracterísticas. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.58, n.4, p.581-589, 2006.

SILVA, J.B.; FONSECA, A.H. Susceptibilidade racial de ovinos a helmintos gastrintestinais. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 32, n.1, p.1935-1942, 2011.

SILVA, N.C.S. **Efeitos ambientais que interferem no endoparasitismo em matrizes da raça Anglo-nubiana em Teresina-Piauí**. 2011. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal)-Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2011.

SILVA, S.L.C. **Mapeamento da mortalidade infantil no Rio Grande do Sul: Uma comparação entre as abordagens empírica Bayesiana e totalmente Bayesiana**. 2009. Dissertação (Universidade Federal do Rio Grande do Sul) - Faculdade de Medicina, Porto Alegre, 2009.

SMITH, B.P. **Tratado de medicina interna de grandes animais: moléstias de eqüinos, bovinos, ovinos e caprinos**. São Paulo: Manole, v.1, p.900, 1993.

SOTOMAIOR, C.S.; CARLI, L.M., TANGLEICA, L.; KAIBER, B.K.; SOUZA, F.P. Identificação de ovinos e caprinos resistentes e susceptíveis aos helmintos gastrintestinais. **Revista Acadêmica**, v.5, n.4, p.397-412, 2007.

SOTOMAIOR, C.S.; ROSALINSKI-MORAES, F.; SOUZA, F.P.; MILCZEWSKI, V.; PASQUALIN, C.A. Parasitoses Gastrintestinais dos Ovinos e Caprinos – Alternativas de Controle. **Série Informação Técnica**. Curitiba: Instituto EMATER, p.36, 2009.

SOUZA, W.H.; LÔBO, R.N.; MORAIS, O.R. Ovinos Santa Inês: Estado de Arte e Perspectivas. In: II SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE CAPRINOS E OVINOS DE CORTE, 2003. João Pessoa. **Anais...** João Pessoa, 2003.

TAYLOR, M.A.; COOP, R.L.; WALL, R.L. Parasites of sheep and goats. **Veterinary Parasitology**, p.152-165, 2007.

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, p.159-173, 2008.

TORRES, T.S. **Modelos Bayesianos para avaliação genética da resistência a endoparasitas em Caprinos**. 2015. Dissertação (Mestre em Ciência Animal) – Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2015.

UENO, H.; GONÇALVES, P.C. **Manual para diagnóstico das helmintoses em ruminantes**. 4.d. Rio de Janeiro: Japan International Cooperation Agency, 1998. 143 p.

VANIMISSETTI, H.B.; ANDREW, S.L.; ZAJAC, A.M.; NOTTER, D.R. Inheritance of fecal egg count and packed cell volume and their relationship with production traits in sheep infected with *Haemonchus contortus*. **Journal of Animal Science**, v.82, n.6, p.1602-1611, 2004.

VAN BURGEL, A.L.; OLDHAM, C.M.; BEHRENDT, R.; CURNOW, D.J.; GORDON, D.J.; THOMPSON, A.N. The merit of condition score and fat score as alternatives to liveweight for managing the nutrition of ewes. **Animal Production Science**, v.51, n.9, p.834-841, 2011.

VAN TASSELL, C.P.; VAN VLECK, L.D. **A manual for use of MTGSAM: a set of fortran programs to apply Gibbs Sampling to animal models for variance component estimation**. Lincoln: U.S. Department of Agriculture, Agricultural Service, 1995. 85 p.

- VAN TASSELL, C.P.; VAN VLECK, L.D.; GREGORY, K.E. Bayesian analysis of twinning and ovulation rates using a multiple-trait threshold model and Gibbs sampling. **Journal of Animal Science**, v.76, n.8, p.2048-2061, 1998.
- VELA, P.A.; KINGRAVI, H.A.; CELEBI, M.E. A comparative study of efficient initialization methods for the *K-means* clustering algorithm. **Expert Systems with Application**, v.40, n.1, p.200-210, 2012.
- VIEIRA, L.S. Métodos alternativos de controle de nematóides gastrintestinais em caprinos e ovinos. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE CAPRINOS E OVINOS DE CORTE, 2008, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa, 2008.
- WHITLOCK, J.H. The inheritance of resistance lo trichostrongylidosis in sheep. 1. Demonstration oi the calidity ai lhe phenomena. **Cornell Veterinarian**, v.48, n.2, p.127-133, 1958.
- XU, R.; WUNSCH, D. Survey of clustering algorithms. **IEEE Transactions on Neural Networks**, v.16, n.3, p.645-678, 2005.
- YANNAV, N.K.; MANDAL, A.; SHARMA, D.K.; ROUT, P.K.; ROY, R. Genetic studies on faecal egg counts and packed cell volume following natural *Haemonchus contortus* infection and their relationships with liveweight in Muzaffarnagari sheep. **Jornal Animal Science**, v.19, n.11, p.1524-1528, 2006.
- WALLER, P.J. Sustainable nematode parasite control strategies for ruminant livestock by grazing management and biological control. **Animal Feed Science and Technology**, v.126, n.3, p.277-289, 2006.
- YOKOO, M.J.I.; ROSA, G.D.M.; CARDOSO, F.F.; MAGNABOSCO, C.D.U.; ALBUQUERQUE, L.G. O uso da estatística Bayesiana no melhoramento genético animal: uma breve explicação. **Scientia Agraria Paranaensis**, v.12, n.4, p.247-257, 2013.
- YOSHIHARA, E.; MINHO, A.P.; YAMAMURA, M.H. Efeito antihelmíntico de taninos condensados em nematódeos gastrintestinais de ovinos (*Ovis aries*). **Semina: Ciências Agrárias**, v.34, n.6, p.3935-3950, 2013.

CAPITULO 2. Análise de agrupamento não hierárquico para determinação da característica resistência à verminose em ovinos de corte

Elaborada de acordo com as normas da Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira

(<http://seer.sct.embrapa.br/index.php/pab>)

1 **Análise de agrupamento não hierárquico para determinação da característica**
2 **resistência à verminose em ovinos de corte**

3
4 Johnny Iglesias Mendes Araujo⁽¹⁾, José Lindenberg Rocha Sarmiento⁽²⁾, Natanael Pereira
5 da Silva Santos⁽¹⁾, Max Brandão de Oliveira⁽³⁾, Luciano Silva Sena⁽²⁾, Daniel Biagiotti⁽¹⁾ e
6 Aurino de Araujo Rego Neto⁽¹⁾

7
8 ⁽¹⁾Universidade Federal do Piauí (UFPI), Rodovia BR 135, Km 03, CEP 64900-000, Bom
9 Jesus, PI, Brasil. E-mail: johnny-glesias@hotmail.com, natanaelpss@hotmail.com,
10 danielbiagiotti@hotmail.com, aurinorego@hotmail.com, ⁽²⁾UFPI, Departamento de
11 Zootecnia, Bairro Ininga, Teresina – PI, CEP 64049-550, E – mail: sarmiento@ufpi.edu.br,
12 lucianosbj@hotmail.com, ⁽³⁾UFPI Departamento de Estatística, Bairro Ininga, Teresina –
13 PI, CEP 64049-550, E – mail: maxbrandao@gmail.com

14
15 **Resumo** – Objetivou-se determinar a característica resistência à verminose em ovinos da
16 raça Santa Inês, utilizando o algoritmo *K-means*. Foram utilizadas informações de 221
17 ovinos Santa Inês com registros na Associação Brasileira dos Criadores de Ovinos, na
18 região Meio-norte do Brasil. Para determinar à resistência à verminose, foram formados
19 três grupos com auxílio da análise de agrupamento não hierárquico utilizando o algoritmo
20 *K-means*, a partir das combinações das características FAMACHA[®], ovos por grama de
21 fezes (OPG), hematócrito (HCT), contagem de células brancas (WBC), contagem de
22 células vermelhas (RBC), hemoglobina (HGB), plaquetas (PLT), hemoglobina corpuscular
23 médio (MCH), volume corpuscular médio (MCV), concentração de hemoglobina
24 corpuscular média (MCHC), escore da condição corporal (ECC), altura da cernelha (AC) e
25 altura da garupa (AG). Esta foi denominada de análise completa. Ao considerar apenas as
26 combinações entre FAMACHA[®], HCT, OPG e ECC, foi atribuída a denominação de
27 análise reduzida. Foram formados três grupos, de modo que, na análise completa, um
28 grupo foi composto por 170 animais (resistentes), um segundo grupo formado por 42
29 animais (resistência intermediária) e, por último, o terceiro grupo constituído por 9 animais
30 (sensíveis). Na análise reduzida, os animais foram agrupados da mesma forma. Os animais
31 do grupo em que os indivíduos apresentaram menores valores para OPG e FAMACHA[®] e
32 maiores valores para as características sanguíneas (HCT, WBC, RBC, HGB, PLT, MCH,
33 MCV e MCHC) e morfométricas (ECC, AC e AG) foram classificados como resistentes.
34 Os animais que apresentaram maiores valores para OPG e FAMACHA[®] e menores valores
35 para as variáveis sanguíneas foram classificados como sensíveis; e os animais que
36 apresentaram valores entre os dois grupos (resistente e sensível) foram classificados como
37 de resistência intermediária. Os resultados de ambas as análises foram equivalentes, de
38 forma que os mesmos animais que foram agrupados por meio da análise completa foram
39 verificados por meio da análise reduzida. É possível identificar os animais quanto à
40 resistência à verminoses gastrintestinais em rebanhos de ovinos da raça Santa Inês
41 utilizando apenas FAMACHA[®], HCT, OPG e ECC de forma consistente.

42
43 Termos para indexação: análise de agrupamento, FAMACHA, *K-means*, OPG, *Ovis aires*.

46 **Non-hierarchical clustering for the determination of the characteristic resistance to**
47 **verminosis in cut sheep**

48
49 **Abstract** – In this study we aimed to determine the resistance to verminosis in Santa Inês
50 sheep by using *K-means* algorithm. Information from 221 Santa Inês sheep registered by
51 the Brazilian Association of Sheep Breeders was used, in the Mid-North region of Brazil.
52 In order to determine the resistance to verminosis three groups were formed by using non-
53 hierarchical clustering using the *K-means* algorithm from the combinations of coloration of
54 the conjunctival mucosa (FAMACHA[®]), faecal worm egg count (FWEC), hematocrit
55 (HCT), white blood cell count (WBC), red blood cell count (RBC), hemoglobin (HGB),
56 platelet (PLT) count, mean corpuscular hemoglobin (MCH), mean corpuscular volume
57 (MCV), mean corpuscular hemoglobin concentration (MCHC), body condition score
58 (BCS), height at withers (HW), and croup height (CH). This was considered as the
59 complete analysis. In the reduced analysis only the combinations among FAMACHA[®],
60 HCT, FWEC, and BCS were considered. Three groups were formed, so that in the
61 complete analysis the first group was composed of 170 animals (resistant), the second
62 group was composed of 42 animals (intermediate resistance), and the third group was
63 composed of 9 animals (sensitive). In the reduced analysis animals were equally clustered.
64 Animals which presented the lowest values for FWEC and FAMACHA[®], and highest
65 values for blood (HCT, WBC, RBC, HGB, PLT, MCH, MCV, and MCHC) and
66 morphometric (BCS, HW, and CH) traits were classified as resistant. Animals with the
67 highest values for FWEC and FAMACHA[®], and lowest values for the blood variables
68 were classified as sensitive. Animals with values between the resistant and sensitive groups
69 were classified as intermediate resistant. The results of both analyses were equivalent, so
70 that the same animals that were clustered by complete analysis were those verified with the
71 reduced analysis. Animals could be identified for resistance to gastrointestinal verminosis
72 in Santa Inês sheep flocks using only information on FAMACHA[®], HCT, FWEC, and
73 BCS consistently.

74
75 Index therms: Clustering analysis, FAMACHA[®], FWEC, *K-means*, *Ovis aires*.
76

77 **Introdução**

78 As verminoses gastrintestinais dentre outros fatores, é um dos principais problemas
79 na ovinocultura brasileira. As estratégias para controlar as verminoses têm envolvidas,
80 tradicionalmente, o uso de antihelmínticos em intervalos fixos e curtos ou no pico de
81 transmissão das larvas, no verão (González-Garduño et al., 2014). No entanto, a falta de
82 um meio eficiente e econômico para identificar os indivíduos resistentes aos desafios das
83 verminoses gastrintestinais são as principais limitações para a abordagem de tratamento
84 seletivo (Idika et al., 2012).

85 A seleção de animais resistente geneticamente à verminose para serem utilizados
86 como reprodutores das próximas gerações, surgem como uma forma de alternativa que
87 pode ser viável no combate a esse principal problema da produção de ovinos. A utilização
88 de animais resistentes às verminoses pode minimizar o uso de mão de obra e a frequência
89 dos tratamentos antihelmínticos no controle da doença, possibilitando assim, economia
90 para os produtores de ovinos.

91 Para a classificação da resistência de animais a verminoses gastrintestinais alguns
92 métodos podem ser utilizados, a partir de características como o FAMACHA[®], exames
93 hematológicos e parasitológicos, que frequentemente vem sendo uma ferramenta utilizada
94 na identificação de animais resistentes aos endoparasitas (Molento et al., 2004; Sotomaior
95 et al., 2007). Esses métodos permitem identificar e excluir do rebanho os animais que
96 requerem tratamento repetidamente ou frequentemente (Kaplan et al., 2004).

97 A resistência à verminose é uma característica que pode ser transmitida aos
98 descendentes (herdável) (Sotomaior et al., 2007), no entanto é uma característica de difícil
99 mensuração, haja vista encontrar nos rebanhos animais resistentes, com resistência
100 intermediária e sensíveis às verminoses gastrintestinais, o que torna difícil a classificação
101 dos animais quanto a resistência à verminose. Dessa forma, destaca-se a importância de
102 selecionar animais mais resistentes aos parasitas gastrintestinais e com o uso das análises
103 multivariadas via análise de agrupamento não hierárquico utilizando o algoritmo *K-means*,
104 torna-se viável determinar essa característica por meio da identificação de animais
105 geneticamente resistentes às verminoses.

106 A análise de agrupamentos é uma técnica estatística de análise multivariada, que
107 possui aplicabilidade na análise de dados voltados ao melhoramento genético animal. Esta
108 técnica visa à obtenção de grupos de indivíduos aglomerados de acordo com a sua

109 similaridade, de tal forma que existam a homogeneidade dos objetos de um mesmo grupo e
110 a heterogeneidade dos objetos de grupos distintos (Carneiro et al., 2007).

111 Nas análises de agrupamentos não hierárquicos o algoritmo *K-means* é uma técnica
112 iterativa bastante simples, fácil de implementação e poderosa para discriminar um conjunto
113 de dados em grupos. Consiste em, primeiramente, definir o número de grupos iniciais, cada
114 grupo recebe o objeto cuja média (centroide) esteja mais próxima. Os grupos são formados
115 de maneira a minimiza a variância intra-grupos e maximiza a variância inter-grupos. Em
116 geral, a Distância Euclidiana neste algoritmo é a mais usada dentre os vetores de médias
117 dos grupos, ou seja, é utilizada para buscar semelhança entre os grupos, quanto menor o
118 valor obtido mais semelhante os objetos estão uns dos outros (Alencar et al., 2013). Assim,
119 objetivou-se determinar a característica resistência à verminose em ovinos da raça Santa
120 Inês a partir da combinação de diferentes conjuntos de características mensuradas,
121 utilizando o algoritmo *K-means*.

122

123 **Material e Métodos**

124 A pesquisa foi realizada com informações de 221 ovinos da raça Santa Inês, com
125 registros na Associação Brasileira dos Criadores de Ovinos (ARCO), pertencentes a cinco
126 criatórios localizados na região Meio-norte do Brasil, em que os sistemas de criação
127 variavam conforme as fazendas visitadas. Os dados foram coletados em animais com idade
128 superior a oito meses durante o período de dezembro de 2013 a maio de 2014.

129 As coletas dos dados foram realizadas no turno da manhã, com os animais em
130 jejum de 12 horas de sólidos. No momento da coleta, foi realizada a avaliação visual dos
131 animais, que consistiu na verificação de sinais clínicos de sanidade e das características
132 morfológicas de cada animal em observação.

133 Foram registradas informações das características associadas à resistência dos
134 animais a verminoses gastrintestinais, tais como: coloração da mucosa conjuntiva
135 (FAMACHA[®]), escore da condição corporal (ECC), altura da cernelha (AC) e altura da
136 garupa (AG). Foram registradas laboratorialmente as seguintes características sanguíneas:
137 hematócrito (HCT), contagem de células brancas (WBC), contagem de células vermelhas
138 (RBC), hemoglobina (HGB), plaquetas (PLT), hemoglobina corpuscular médio (MCH),
139 volume corpuscular médio (MCV), concentração de hemoglobina corpuscular média
140 (MCHC) e contagem de ovos por grama de fezes (OPG).

141 A verificação da coloração da conjuntiva ocular dos animais foi realizada de acordo
142 com o método FAMACHA[®], com atribuição de nota de 1 a 5, considerando-se o valor 1
143 correspondendo à cor vermelho robusto, 2 - vermelho rosado, 3 - rosa, 4 - rosa pálido e 5 -
144 branco (Van Wyk et al., 1997), cujo o valor 1 representa o animal sem anemia e 5 animal
145 com alto padrão de anemia.

146 O escore da condição corporal (ECC) foi mensurado atribuindo valores em uma
147 escala de 1 a 5 de acordo com a metodologia descrita por Osório e Osório (2003), que
148 consistiu na avaliação visual e palpação com os dedos na região lombar, localizando as
149 apófises espinhosa e transversa. O processo prosseguiu na detecção de deposição de
150 gordura e músculo, com o valor 1 correspondendo a animal muito magro e o 5 animal com
151 sinais de obesidade.

152 A altura da garupa (AG) foi medida do solo à tuberosidade sacral do ílio com o uso
153 de fita métrica graduada (cm), estando os animais em superfície plana e em estação. A
154 altura da cernelha (AC) foi medida do solo ao ponto mais alto da cernelha com o uso
155 também de uma fita métrica graduada (cm).

156 O sangue foi coletado por punção na veia jugular de cada animal, depois de ter
157 realizado a antissepsia do local (álcool iodado), utilizando tubos a vácuo, contendo

158 anticoagulante EDTA. As características sanguíneas foram analisadas pelo equipamento
159 hematológico packvet® pertencente ao Hospital Veterinário Universitário de Teresina da
160 Universidade Federal do Piauí (UFPI).

161 As amostras de fezes foram coletadas diretamente da ampola retal do animal,
162 utilizando-se sacos plásticos que servia de luva no ato da coleta e que foram amarrados e
163 identificados após a inversão, com as fezes no seu interior. As amostras foram
164 acondicionadas em caixa de isopor com gelo e encaminhadas ao Laboratório de Sanidade e
165 Reprodução Animal pertencente ao Colégio Técnico de Teresina da Universidade Federal
166 do Piauí (UFPI). Para quantificar o número de ovos por grama de fezes (OPG), foi
167 utilizada solução saturada de cloreto de sódio (NaCl) e leitura ao microscópio em câmara
168 McMaster (Gordon e Whitlock, 1939).

169 Após as quantificações das características, editou-se dois arquivos contendo as
170 informações fenotípicas dos animais, um denominado de completo e o outro de reduzido.
171 Na análise com dados completos considerou para análise todas as características
172 registradas na pesquisa (FAMACHA[®], HCT, OPG, WBC, RBC, HGB, PLT, MCH, MCV,
173 MCHC, ECC, AC e AG), para verificar se os agrupamentos melhoravam a classificação
174 quanto a resistência à verminose. Na análise com dados reduzidos considerou-se apenas
175 quatro características (FAMACHA[®], HCT, OPG e ECC).

176 Para determinar a resistência à verminose, foram formados três grupos com auxílio
177 da análise de agrupamento não hierárquico utilizando o algoritmo *K-means*, a partir das
178 combinações das características presentes nas análises completa e reduzida.

179 No algoritmo *K-means* o parâmetro *K* indica o número de grupos a serem formados
180 (predefinido pelo pesquisador), nesta pesquisa $K = 3$ grupos, os quais serão atribuídas as
181 classes da característica resistência à verminose: resistentes, resistência intermediária e
182 sensíveis. O algoritmo foi aplicado aos dois conjuntos de dados, resultando no que se

183 chamou de análise completa (conjunto de dados completos) e análise reduzida (conjunto de
184 dados reduzido), de modo que a determinar se a determinação da característica resistência
185 poderia ser afetada pelas informações disponíveis do animal. Em ambas as análises o
186 agrupamento foi realizado com os dados padronizados, utilizando o Pacote *skmeans*
187 disponível em linguagem R (R Development Core Team, 2011).

188 O procedimento do algoritmo *K-means* iniciou-se com a escolha do *K*-grupos (*K* =
189 3) e o posicionamento dos centroides (centro) de cada grupo no espaço de atributos. Na
190 definição dos centroides foram levadas em consideração as características associadas à
191 resistência à verminose citadas anteriormente, determinando o centroide como ponto
192 médio para cada grupo. Depois da definição da localização destes centroides, cada objeto
193 (animal) foi associado ao centroide mais próximo, por meio da Distância Euclidiana como
194 medida de similaridade. Assim, quando todos os objetos foram associados a algum
195 centroide, estes foram recalculados. Este procedimento se repetiu até que não houvesse
196 diferença nos centros dos grupos.

197 A Distância Euclidiana foi obtida a partir da raiz quadrada da soma dos quadrados
198 da diferença entre cada variável de dois objetos, que pode ser representada como segue:

$$199 \quad D_{AB} = \sqrt{\sum_{i=1}^p (x_{iA} - x_{iB})^2},$$

200 em que: D_{AB} : é a Distância Euclidiana do objeto A ao objeto B; x_{iA} : é o valor de A para
201 cada variável; x_{iB} : é o valor de B para cada variável.

202

203 **Resultados e Discussão**

204 O algoritmo *K-means* possibilitou classificar os animais quanto à resistência à
205 verminose, de forma que, discriminou os 221 animais em três grupos a partir das
206 combinações das características presentes na análise completa e reduzida, de maneira que

207 um grupo foi composto por 170 animais, o segundo por 42 animais e por último o terceiro
208 com 9 animais (Figura 1, Figura 2 e Apêndice, respectivamente).

209 Na análise completa, observando-se o perfil dos grupos formados e o valor de cada
210 característica (dentro do seu respectivo grupo), constatou-se que o grupo formado com os
211 animais que apresentaram menores valores para OPG e FAMACHA[®], maiores valores para
212 as características sanguíneas (HCT, WBC, RBC, HGB, PLT, MCH, MCHC e MCV) e
213 morfométricas (ECC, AC e AG) (Tabela 1) foram classificados como resistentes e
214 codificado pelo numeral 1, criando, assim, o primeiro nível da característica resistência à
215 verminose.

216 O grupo que os animais apresentaram maiores valores para OPG e FAMACHA[®] e
217 menores valores para as características sanguíneas (HCT, WBC, RBC, HGB, PLT, MCH,
218 MCHC e MCV) e morfométricas (ECC, AC e AG) foram classificados como sensíveis e
219 codificado pelo numeral 3. Animais sensíveis são incapazes de controlarem as infecções, e
220 geralmente, desenvolvem um quadro clínico que pode até levá-lo a morte (Amarante et al.,
221 2004).

222 O grupo de animais que apresentaram valores entre os dois grupos (resistentes e
223 sensíveis), com os valores do FAMACHA[®] e MCHC semelhantes ao do grupo dos animais
224 resistentes e o valor do MCV ao do grupo dos animais sensíveis foram classificados como
225 de resistência intermediária, codificado pelo numeral 2. Animais com resistência
226 intermediária possuem a capacidade de suportar os efeitos da infecção, mesmo com alta
227 carga parasitária apresentam poucas alterações em suas características físicas e
228 hematológicas (Albers et al., 1987). Desta forma, foi estabelecida a característica
229 resistência à verminose em ovinos de corte, cujos fenótipos atribuídos foram 1 para os
230 animais resistentes, 2 para resistência intermediária e 3 para os animais sensíveis.

231 Na criação de ovinos resistentes uma das vantagens é a baixa incidência de
232 infecções parasitárias (Amarante et al., 2004), com redução da contaminação ambiental e
233 conseqüentemente do nível de reinfecção dos animais. Os animais resistentes têm a
234 capacidade de evitar a infecção, reduzir a carga parasitária, ou recuperar-se de uma
235 infecção (Hayward et al., 2014).

236 Alguns autores afirmaram que os ovinos classificados como resistentes
237 apresentaram menor contagem de OPG, maior porcentagem de HCT e menor grau
238 FAMACHA[®] em relação aos animais do grupo sensíveis (Molento et al., 2004; Neves,
239 2010), resultados semelhantes aos observados nesta pesquisa. Idika et al. (2012),
240 classificaram os animais com OPG inferior a 1000 ovos/g, como resistentes, animais com
241 OPG entre 1000 e 10000 ovos/g, como intermediários, e acima de 10000 ovos/g como
242 sensíveis as infecções parasitárias.

243 Verificou-se que dos 221 animais, o grupo 3 foi o que apresentou a menor
244 frequência percentual relativa, correspondendo a 4,07% do rebanho. Neste grupo, os
245 animais podem ser classificados como altamente infectados, chegando ao valor máximo de
246 24.000 ovos/g de fezes, enquanto que a maioria dos animais mantiveram OPG baixo ou
247 com moderado grau de infecção (grupo 1). Sotomaior et al. (2007), relataram que os
248 valores de OPG mostra claramente a diferença da infecção de um animal para o outro. Esse
249 mesmos autores observaram que alguns animais nas mesmas condições de manejo e
250 chances de contaminação, apresentam OPG zero, outros chegam a valores superiores a
251 64.000.

252 Em relação ao grupo 2 o percentual foi de 19,0% do rebanho. Esses animais
253 também são desejáveis no rebanho, uma vez que, quando se preserva uma população de
254 larvas no pasto, no momento do contato parasitário os animais conseguem estabelecer um
255 equilíbrio, expressando o seu carácter resistente/intermediário (Molento et al., 2009).

256 Contudo, animais identificados com resistência intermediária com altos valores do OPG
257 devem ser eliminados do rebanho.

258 O grupo 1 apresentou o maior percentual (76,92%) do rebanho. Esse resultado
259 obtido pode ser um indicativo ou comprova que esses animais demonstraram a capacidade
260 de limitar o desenvolvimento da infecção causada pelos parasitas. Em programa de
261 seleção, certamente esse animais seriam aqueles que originariam descendentes superiores
262 geneticamente às infecções por verminoses gastrintestinais, tal resultado desejável por
263 muitos produtores na ovinocultura.

264 Ressalta-se que os ovinos da raça Santa Inês são animais bem adaptados às
265 condições climáticas da região Nordeste, condições estas, favoráveis também aos
266 parasitismos gastrintestinais (Sousa et al., 2003; Silva e Fonseca, 2011). Além disso, outros
267 fatores como idade, estado fisiológico e sistema de criação podem influenciar os resultados
268 das características indicadoras da resistência à verminose na identificação ou
269 provavelmente, na formação de grupos dos animais.

270 Na análise reduzida observou-se que, os animais foram agrupados nos três grupos
271 da mesma forma da análise completa (Figura 2 e Apêndice).

272 Comparando os resultados obtidos nas duas análises (completa e reduzida),
273 verificou-se que em ambas as análises não houve mudanças na formação dos grupos, ou
274 seja, os resultados foram equivalentes para a separação dos grupos. De forma que, os
275 mesmos animais que foram agrupados nos grupos (1 animais resistentes, 2 animais com
276 resistência intermediária e 3 animais sensíveis) por meio da análise completa foram os
277 mesmo verificados com a análise reduzida (Tabela 1 e Apêndice).

278 De acordo com os resultados apresentados nas Figuras 1 e 2, é possível observar
279 que com apenas as características presentes na análise reduzida pode-se determinar a
280 formação de grupos quanto à resistência às verminoses gastrintestinais.

281 Alguns pesquisadores já vêm sugerindo o uso dessas mesmas características em
282 programas de melhoramento genético animal, com o objetivo de identificar animais
283 resistentes às verminoses gastrintestinais (Sotomaior et al., 2007; Amarante et al., 2009). A
284 característica OPG tem sido mais utilizada, sendo considerado o principal marcador
285 fenotípico para a classificação de animais resistentes às verminoses.

286 O método FAMACHA[®] tem como vantagens a fácil execução e pode ser realizado
287 por qual quer produtor desde que seja treinado por um técnico capacitado, além de não
288 requerer recursos laboratoriais para identificar clinicamente animais infectados por
289 verminoses. O HCT é uma técnica simples, porém exige análise laboratorial, tem sido
290 utilizada no auxílio da identificação mais acurada dos animais quanto à resistência à
291 verminose. O ECC avalia o estado da deposição muscular que pode estar associado com a
292 presença ou da infecção, uma vez que animais infectados tendem a perder peso
293 rapidamente. Desta forma, a característica ECC analisada conjuntamente com outras
294 relacionadas à infecção pode auxiliar na identificação de ovinos resistentes às verminoses
295 (Kenyon et al., 2009).

296 Ao se preconizar práticas de controle parasitológico em rebanhos ovinos, a
297 utilização somente das características presentes na análise reduzida podem proporcionar
298 vantagens significativas aos produtores e criadores de ovinos. Além da identificação dos
299 animais resistentes, pode reduzir o trabalho com análises em laboratório e tempo gasto com
300 a mensuração e quantificações das características.

301 A média do ECC obtido igual a 3,0, para o grupo dos animais resistentes (Tabela
302 1), indica que os animais encontravam-se em boas condições corporais e dentro dos valores
303 de referência para ovinos da raça Santa Inês observados por McManus et al. (2010). Para o
304 grupo dos animais com resistência intermediária a média foi de 2,4 e de 1,7 para o grupo
305 dos sensíveis, (Tabela 1), valores próximos aos observados por Abrão et al. (2010), ao

306 trabalharemos com ovinas mestiças Santa Inês, naturalmente infectadas, no Sudoeste do
307 Estado de Minas Gerais.

308 Os resultados das médias das características de altura AC e AG, utilizadas para
309 mostrar o desenvolvimento dos animais observados nos três grupos formados (1, 2 e 3),
310 indicaram que os animais avaliados apresentavam porte médio (Tabela 1), porém os
311 animais resistentes apresentaram tendência a serem mais desenvolvidos ou mais altos em
312 relação aos outros grupos. É possível observar também um pequeno aumento nos valores
313 médios das características para os animais com resistência intermediária em relação aos
314 sensíveis, assim sugere-se que o desenvolvimento dos animais é pouco influenciado pelo o
315 grau de infecção causado pelos parasitos gastrintestinais nos ovinos.

316 Os grupos 1 e 2 apresentaram valores das médias iguais para FAMACHA[®]. Para o
317 grupo 3 o valor médio para FAMACHA[®] foi de 3,1 (Tabela 1). Os resultados obtidos estão
318 de acordo com os observados por Neves et al. (2009), ao estudarem também ovinos da raça
319 Santa Inês resistentes e sensíveis a *Haemonchus contortus* no estado do Ceará, que
320 encontraram médias de 2,4 para o grupo dos animais resistente e de 3,1 para os animais
321 sensíveis.

322 Em relação aos valores obtidos para as características sanguíneas para os grupos
323 formados nesta pesquisa (Tabela 1), apenas os animais do grupo 1 apresentaram valor
324 médio dentro do intervalo de referência para a espécie ovina (Kramer, 2000). Esses
325 resultados corroboram com a ideia de que os animais resistentes apresentam melhores ou
326 maiores valores para as características sanguíneas em relação aos animais sensíveis as
327 verminoses, devido à maior capacidade de desenvolverem uma resposta imune contra os
328 parasitos.

329 Considerando-se os valores das médias entre os grupos para a característica OPG,
330 sugere-se que o OPG foi à característica que mais contribuiu para a discriminação dos

331 animais nos três grupos formados (Tabela 1 e Apêndice). Esse fato pode se explicado pela
332 heterogeneidade entre os grupos, ou seja, nem um animal apresentou valor de OPG
333 sobreposto entre os grupos formados. Assim, o OPG pode ser uma boa ferramenta no
334 diagnóstico de ovinos Santa Inês quanto à resistência à verminose gastrointestinal.

335 A característica OPG vem sendo utilizada em programas de seleção em conjunto
336 com outros parâmetros, em função da sua facilidade de coleta, análise e compreensão
337 (Sotomaior et al., 2007; Riley e Van Wyk, 2009). E em estudos relacionados com à
338 resistência à verminose, por se mostrar diretamente proporcional ao grau de infecções
339 demonstrados pelos animais.

340

341

Conclusões

- 342 1. A característica resistência à verminose foi criada por meio do algoritmo *K-means*
343 cujos os fenótipos foram determinados como resistente, resistência intermediária e
344 sensível, o que possibilitará maior eficiência no processo seletivo e no controle
345 seletivo da infecção.
- 346 2. É possível identificar os animais quanto à resistência à verminoses gastrintestinais
347 em rebanhos de ovinos da raça Santa Inês utilizando apenas FAMACHA[®], HCT,
348 OPG e ECC de forma consistente.

349

350

Referências

- 351 ABRÃO, D.C.; ABRÃO, S.; VIANA, C.H.C.; VALLE, C.R. Utilização do método
352 FAMACHA[®] no diagnóstico clínico individual de haemoncose em ovinos no Sudoeste do
353 Estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária**, v.19, p.70-72,
354 2010.
- 355 ALBERS, G.A.A.; GRAY, G.D.; PIPER L.R.; BARKER, J.S.F.; JAMBRE, L.F.;
356 BARGER, I.A. The genetics of resistance and resilience to *Haemonchus contortus*
357 infection in young Merino sheep. **International Journal for Parasitology**, v.17, p.1355-
358 1363, 1987.

- 359 AMARANTE, A.F.T.; BRICARELLO, P.A.; ROCHA, R.A.; GENNARI, S.M. Resistance
360 of Santa Ines, Suffolk and Ile de France lambs to naturally acquired gastrointestinal
361 nematode infections. **Veterinary Parasitology**, v.120, p.91-106, 2004.
- 362 AMARANTE, A.F.T.; SUSIN, I.; ROCHA, R.A.; SILVA, M.B.; MENDES, C.Q.; PIES,
363 A.V. Resistance of Santa Ines and Crossbred ewes to naturally acquired gastrointestinal
364 nematode infections. **Veterinary Parasitology**, v.165, p.273-280, 2009.
- 365 CARNEIRO, P.L.S.; MALHADO, C.H.M.; SILVA, A.G.S.; SANTOS, F.N.; SANTOS, P.
366 F.; PAIVA, S.R. Desenvolvimento ponderal e diversidade fenotípica entre cruzamentos de
367 ovinos Dorper com raças locais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, p.991-998,
368 2007.
- 369 GONZÁLEZ-GARDUÑO R.; TORRES-ACOSTA J.F.J.; CHAY-CANUL A.J.
370 Susceptibility of hair sheep ewes to nematode parasitism during pregnancy and lactation in
371 a selective anthelmintic treatment scheme under tropical conditions. **Research in**
372 **Veterinary Science**, v.96, p.487-492, 2014.
- 373 GORDON, H.; WHITLOCK, H.V. A new technique for counting nematode eggs in sheep
374 faeces. **Journal Council Science Industrial Research**, v.12, p.50-52, 1939.
- 375 HAYWARD, A.D.; NUSSEY, D.H.; WILSON, A.J.; BERENOS, C.; PILKINGTON, J.G.;
376 WATT, K.A.; GRAHAM, A. L. Natural selection on individual variation in tolerance of
377 gastrointestinal nematode infection. **Plos Biology**, v.12, p.1-13. 2014.
- 378 HAIR JUNIOR, J.F.; ANDERSON, R.E.; TATHAM, R.L.; BLACK, W.C. **Análise**
379 **multivariada de dados**. 5.ed. Porto Alegre: Bookman, 2006. 593 p.
- 380 IDIKA, I.K.; CHIEJINA, L.I.; MHOMGA, P.A.; NNADI, P.A.; NGONGEH, L.A.
381 Changes in the body condition scores of Nigerian West African Dwarf sheep
382 experimentally infected with mixed infections of *Haemonchus contortus* and
383 *Trichostrongylus colubriformis*. **Veterinary Parasitology**, v.188, p.99-103, 2012.
- 384 KAPLAN, R.M.; BURKE, J.M.; TERRILL, T.H.; MILLER, J.E.; GETZ, W.R.; MOBINI,
385 S.; VALENCIA, E.; WILLIAMS, M.J.; WILLIAMSON, L.H.; LARSEN, M.; VATTA,
386 A.F. Validation of the FAMACHA[®] eye color chart for detecting clinical anemia in sheep
387 and goats on farms in the southern Units States. **Veterinary Parasitology**, v.123, p.105-
388 120, 2004.
- 389 KENYON, F.; GREER, A.W.; COLES, G.C.; CRINGOLI, G.; PAPADOPOULOS, E.;
390 CABARET, J.; BERRAG, B.; VARADY, M.; VAN WYK, J.A.; THOMAS, E.;
391 VERCRUYSSSE, J.; JACKSON, F. The role of targeted selective treatments in the
392 development of refugia-based approaches to the control of gastrointestinal nematodes of
393 small ruminants. **Veterinary Parasitology**, v.164, p.3-11, 2009.
- 394 KRAMER, J.W. Normal hematology of cattle, sheep and goats. **Schalm's Veterinary**
395 **Hematology**, v.5, p.1075-1084, 2000.
- 396 MCMANUS, C.; LOUVADINI, H.; DALLAGO, B.; MELO, C.B.; SEIXAS, L. **Score**
397 **corporal**. INCT: Informação Genético-Sanitária da Pecuária Brasileira, 2010. Disponível
398 em: < <http://www.animal.unb.br>>. Acesso em: 05 abr. 2017.
- 399 MOLENTO, M.B.; TASCA, C.; GALLO, A.; FERREIRA, M.; BONONI, R.; STECCA,
400 E. Método FAMACHA[®] como parâmetro clínico individual de infecção por *Haemonchus*
401 *contortus* em pequenos ruminantes. **Ciência Rural**, v.34, p.1139-1145, 2004.

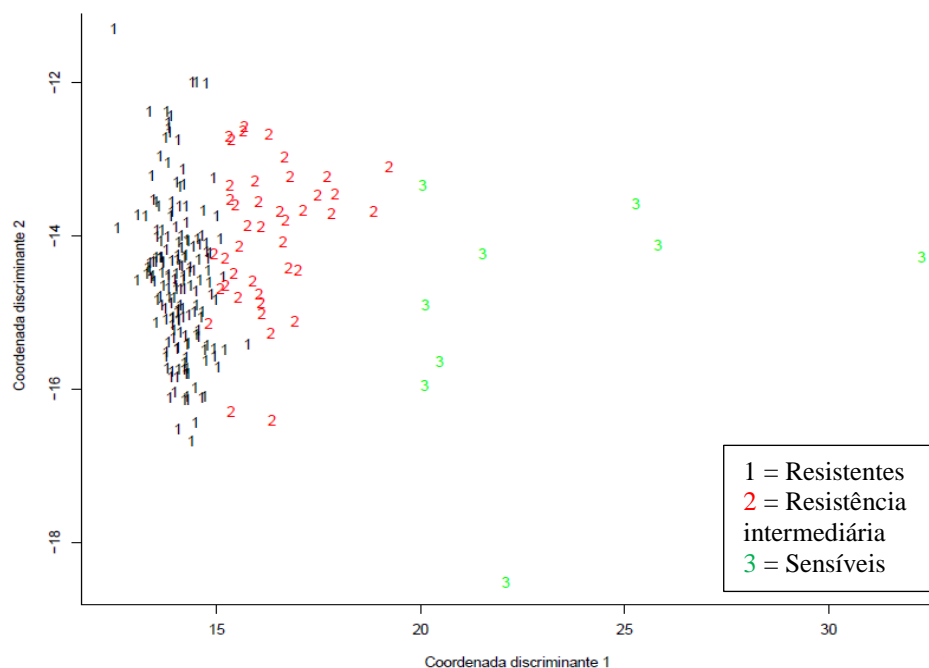
- 402 MOLENTO, M.B.; GAVIÃO, A.A.; DEPNER, R.A.; PIRES, C.C. Frequency of treatment
403 and production performance using the FAMACHA[®] method compared with preventive
404 control in ewes. **Veterinary Parasitology**, v.162, p.314-319, 2009.
- 405 NEVES, M.R.M. **Utilização de marcadores fenotípicos para caracterização de ovinos**
406 **1/2 sangue Santa Inês naturalmente infectados com nematódeos gastrintestinais.**
407 2010. 68p. Dissertação (Mestrado em Produção Animal) – Universidade Estadual Vale do
408 Acarú, Sobral – CE.
- 409 NEVES, M.R.M.; ZAROS, L.G.; NAVARRO, A.M.C.; BENVENUTI, C.L.; VIEIRA,
410 L.S. Seleção de ovinos da raça Santa Inês resistentes e susceptíveis a haemonchus spp. In:
411 XI CONGRESSO INTERNACIONAL DE ZOOTECNIA. Águas de Lindóia – SP.
412 **Anais...** Águas de Lindóia: US, 2009.
- 413 OSÓRIO, J.C.S.; OSÓRIO, M.T.M. **Produção de carne ovina: técnicas de avaliação “in**
414 **vivo” e na carcaça.** Pelotas, UFPEL, 2003. 73 p.
- 415 R DEVELOPMENT CORE TEAM R: **A language and environment for statistical**
416 **computing [online].** 2011. Disponível em: <http://www.R-project.org>. Acesso em: 10 dez.
417 2016.
- 418 RILEY, D.G.; VAN WYK, J.A. Genetic parameters for FAMACHA[®] score and related
419 traits for host resistance/resilience and production at differing severities of worm challenge
420 in a Merino flock in South Africa. **Veterinary Parasitology**, v.164, p.44-52, 2009.
- 421 SILVA, J.B.; FONSECA, A.H. Susceptibilidade racial de ovinos a helmintos
422 gastrintestinais. **Semina: Ciências Agrárias**, v.32, p.1935-1942, 2011.
- 423 SOUSA, W.H.; LÔBO, R.N.; MORAIS, O.R. Ovinos Santa Inês: estado de arte e
424 perspectivas. In: II SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE CAPRINOS E OVINOS DE
425 CORTE, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa, 510-522 p. 2003.
- 426 SOTOMAIOR, C.S.; CARLI, L.M.; TANGLEICA, L.; KAIBER, B.K.; SOUZA, F.P.;
427 Identificação de ovinos e caprinos resistentes e susceptíveis aos helmintos gastrintestinais.
428 **Revista Acadêmica**, v.5, p.397-412, 2007.
- 429 VAN WYK, J.A.; MALAN, F.S.; BATH, G.F. **Rampant anthelmintic resistance in**
430 **sheep in South Africa - what are the options? In: Managing Anthelmintic Resistance**
431 **in Endoparasites.** Workshop held at the 16th International Conference of the World
432 Association for the Advancement of Veterinary Parasitology, 1997, 51-63p.

433 **Tabela 1.** Estatísticas descritivas dos valores do escore da condição corporal (ECC), altura da cernelha (AC), altura da garupa (AG), coloração da
 434 mucosa conjuntiva (FAMACHA[®]), contagem de células brancas (WBC), contagem de células vermelhas (RBC), hemoglobina (HGB),
 435 hematócrito (HCT), volume corpuscular médio (MCV), hemoglobina corpuscular médio (MCH), concentração de hemoglobina corpuscular
 436 média (MCHC), plaquetas (PLT), ovos por grama de fezes (OPG), em ovinos Santa Inês.

Características das análises (completa e reduzida)														
	ECC	AC (cm)	AG (cm)	FAMA CHA [®]	WBC (10 ⁹ /L)	RBC (10 ¹² /L)	HGB (g/dL)	HCT (%)	MCV (fL)	MCH (pg)	MCHC (%)	PLT (10 ⁹ /L)	OPG (ovos.g ⁻¹)	OPG* (ovos.g ⁻¹)
Grupo dos animais resistentes (N = 170)														
Média	2,9	75,6	76,2	2,4	7,8	9,7	9,4	30,9	32,9	9,8	30,4	523,3	574,3	2,1
DP	1,1	4,4	4,0	0,9	2,6	1,5	1,5	5,4	1,5	0,7	1,9	208,0	549,6	1,2
Mínimo	1,0	68,0	68,0	0,0	3,0	5,9	6,0	10,7	29,0	4,6	20,7	122,0	0,0	0,0
Máximo	5,0	91,0	92,0	4,0	19,2	13,8	14,8	46,5	38,0	13,0	39,7	1293,0	1900,0	3,2
CV	37,9	5,8	5,2	37,5	33,3	15,5	16,0	17,5	4,6	7,1	6,3	39,7	95,7	57,1
Grupo dos animais com resistência intermediária (N = 42)														
Média	2,4	75,1	75,7	2,4	7,5	8,6	8,5	28,1	32,8	9,9	30,4	498,4	3304,7	3,4
DP	1,12	4,1	3,6	1,0	2,9	1,4	1,3	4,4	1,9	0,4	1,1	231,8	1285,1	0,1
Mínimo	1,0	65,0	70,0	1,0	4,1	5,9	6,3	21,2	29,0	9,1	28,2	113,0	2000,0	3,3
Máximo	5,0	82,0	83,0	4,0	16,3	12,4	12,4	39,1	37,0	11,1	32,4	1348,0	6900,0	3,8
CV	45,8	5,5	4,8	41,7	38,7	16,3	15,3	15,7	5,8	4,0	3,6	46,5	38,9	2,9
Grupo dos animais sensíveis (N = 09)														
Média	1,7	74,6	75,2	3,1	6,3	7,6	7,1	24,9	32,8	9,7	29,7	489,5	11488,8	4,0
DP	1,0	1,5	1,8	0,7	1,4	2,1	1,4	6,6	0,9	0,6	1,3	196,1	5582,2	0,1
Mínimo	1,0	73,0	73,0	2,0	3,3	5,0	5,2	16,5	31,0	8,8	27,7	262,0	7600,0	3,8
Máximo	4,0	77,0	79,0	4,0	8,2	10,5	9,6	34,7	34,0	10,7	31,5	753,0	24000,0	4,3
CV	58,8	2,0	2,4	22,6	22,2	27,6	19,7	26,5	2,7	6,2	4,4	40,1	48,6	2,5

437 * Ovos por grama de fezes transformada por logaritmo \log_{10} (OPG+10); DP = desvio padrão; CV = Coeficiente de variação (%); N = Número de
 438 animais por grupos; g/dL = gramas por decilitro de sangue; % = percentual; fL = femtolitro; pg = picogramas.

439
440
441
442
443
444
445
446
447
448
449
450
451
452
453
454
455
456
457



458 **Figura 1.** Gráfico de dispersão formado pela análise de agrupamento utilizando os valores
459 da análise completa das características de coloração da mucosa conjuntiva (FAMACHA[®]),
460 escore da condição corporal (ECC), hematócrito (HCT), altura da garupa (AG), altura da
461 cernelha (AC), contagem de células brancas (WBC), contagem de células vermelhas
462 (RBC), hemoglobina (HGB), plaquetas (PLT), hemoglobina corpuscular médio (MCH),
463 volume corpuscular médio (MCV), concentração de hemoglobina corpuscular média
464 (MCHC) e ovos por grama de fezes (OPG), em ovinos Santa Inês por meio do algoritmo
465 *K-means*.

466
467
468
469
470
471
472
473
474
475
476
477
478
479
480
481
482
483
484
485
486
487

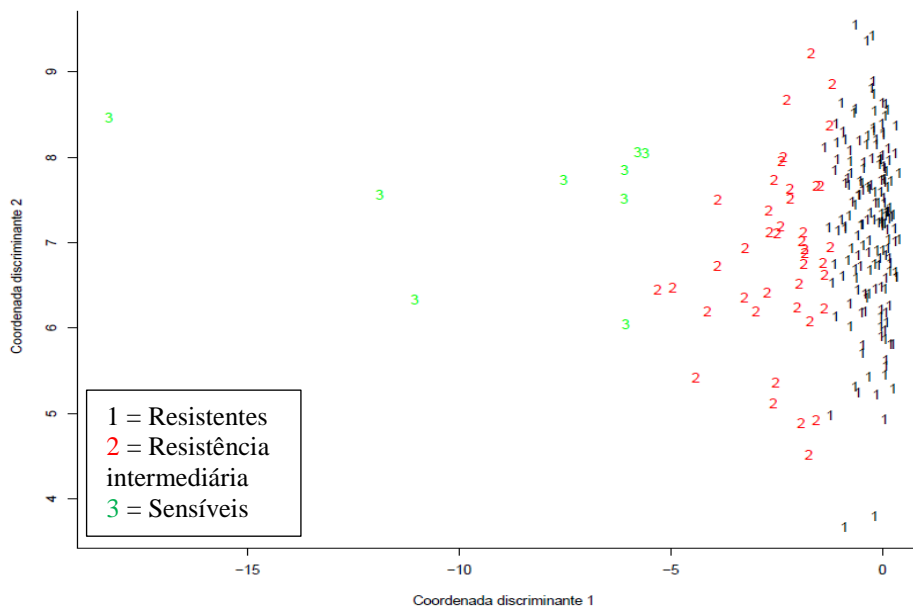


Figura 2. Gráfico de dispersão formado pela análise de agrupamento utilizando os valores da análise reduzida das características de escore da condição (ECC), hematócrito (HCT), FAMACHA[®] e ovos por grama de fezes (OPG), em ovinos Santa Inês por meio do algoritmo *K-means*.

CAPITULO 3. Parâmetros genéticos para resistência à verminose em ovinos Santa

Inês

Elaborada de acordo com as normas da Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira

(<http://seer.sct.embrapa.br/index.php/pab>)

1 Parâmetros genéticos para resistência à verminose em ovinos Santa Inês

2 Johnny Iglesias Mendes Araujo⁽¹⁾, José Lindenberg Rocha Sarmiento⁽²⁾, Natanael Pereira
3 da Silva Santos⁽¹⁾, Luciano Silva Sena⁽²⁾ Daniel Biagiotti⁽¹⁾, Aurino de Araujo Rego Neto⁽¹⁾
4 e André Campêlo Araujo⁽¹⁾
5

6 ⁽¹⁾Universidade Federal do Piauí (UFPI), Rodovia BR 135, Km 03, CEP 64900-000, Bom
7 Jesus, PI, Brasil. E-mail: johnny-glesias@hotmail.com, natanaelpss@hotmail.com,
8 danielbiagiotti@hotmail.com, aurinorego@hotmail.com, andrefuturo7@hotmail.com,
9 ⁽²⁾UFPI, Departamento de Zootecnia, Bairro Ininga, Teresina – PI, CEP 64049-550, E –
10 mail: sarmiento@ufpi.edu.br, lucianossbj@hotmail.com
11

12 **Resumo** – Objetivou-se estimar os componentes de (co)variâncias e parâmetros genéticos
13 para as características coloração da mucosa conjuntiva (FAMACHA[®]), hematócrito
14 (HCT), ovos por grama de fezes (OPG), escore da condição corporal (ECC) e resistência à
15 verminose (RV) em análises uni e multicaracterística via inferência bayesiana. Foram
16 utilizadas informações de 220 ovinos Santa Inês com registros na Associação Brasileira
17 dos Criadores de Ovinos, na região Meio-norte do Brasil. A característica RV foi definida
18 com auxílio da análise de agrupamento não hierárquico utilizando o algoritmo *K-means*, a
19 partir das combinações das características FAMACHA[®], OPG, HCT e ECC. As
20 estimativas das variâncias genéticas aditivas na análise multicaracterística foram superiores
21 para ECC, RV, HCT e OPG em relação às estimadas na análise unicaracterística, com
22 exceção da FAMACHA[®], que foi menor. As estimativas de herdabilidade para todas as
23 características na análise multicaracterística foram superiores às obtidas na análise
24 unicaracterística. RV foi a característica que apresentou maiores valores nas análises uni
25 (0,33) e multicaracterística (0,52). As correlações genéticas estimadas entre as
26 características FAMACHA[®] e RV (0,79), OPG e RV (0,77), e entre RV e HCT (-0,80)
27 foram de alta magnitude. Dentre as correlações ambientais, a de maior magnitude foi
28 estimada entre OPG e RV (0,91). Assim, ganhos genéticos podem ser alcançados a partir
29 da seleção direta para RV e seleção indireta por meio das características FAMACHA[®] e
30 OPG.
31

32 Termos para indexação: correlação genética, FAMACHA[®], herdabilidade, OPG, seleção.
33

34 Genetic parameters for resistance to verminosis infection in Santa Inês sheep

35 **Abstract** - In this study we aimed to estimate the components of (co) variance and genetic
36 parameters for the characteristics of coloration of the conjunctival mucosa (FAMACHA[®]),
37 hematocrit (HCT), faecal worm egg count (FWEC), body condition score (BCS) and
38 resistance to verminosis (RV) in single-trait and multicharacteristic analysis using
39 Bayesian inference. Information from 220 Santa Inês sheep registered by the Brazilian
40 Association of Sheep Breeders was used, in the Mid-North region of Brazil. The RV
41 characteristic was defined with the aid of the non-hierarchical clustering analysis using the
42 K-means algorithm, from the combinations of FAMACHA[®], FWEC, HCT and BCS
43 characteristics. The estimates of additive genetic variances in the multicharacteristic
44 analysis were higher for BCS, RV, HCT, and FWEC than those estimated in the single-
45 trait analysis, except for FAMACHA[®], which was lower. The heritability estimates for all
46 the characteristics in the multicharacteristic analysis were superior to those obtained in the
47 single-trait analysis. RV was the characteristic that presented higher values in the single-
48 trait analysis (0,33) and multicharacteristic (0,52). The genetic correlations estimated
49

50 between the FAMACHA[®] and RV (0,79), FWEC and RV (0,77) and RV and HCT (-0,80)
51 characteristics were of high magnitude. Among the environmental correlations, the highest
52 magnitude was estimated between FWEC and RV (0,91). Thus, genetic gains could be
53 achieved from direct selection for RV as well as by indirect selection for FAMACHA[®] and
54 FWEC.

55
56 Index terms: genetic correlation, FAMACHA[®], heritability, FWEC, selection.
57

58 **Introdução**

59 Um dos fatores mais limitantes que estão relacionados às perdas na produção de
60 carne ovina são as verminoses gastrintestinais, capazes de inviabilizar economicamente a
61 criação. As perdas produtivas devido à infestação por parasitas são duas vezes maiores que
62 o custo direto com tratamento antihelmíntico e de outras doenças e, em casos extremos, esta
63 condição pode ser fatal (Miller et al., 2012). Dentre os parasitas gastrintestinais, o
64 *Haemonchus contortus* é o principal que acomete os ovinos, causando sérios prejuízos
65 econômicos na ovinocultura mundial (Afonso et al., 2013).

66 Os principais fatores que estão relacionados com o efeito dos parasitos
67 gastrintestinais em rebanhos ovinos são a raça, idade, nutrição e estado fisiológico
68 (Nicolodi et al., 2010; Costa et al., 2011). Os manejos inadequados aliados ao uso
69 indiscriminado de antihelmínticos vêm promovendo crescente aumento de parasitos
70 resistentes, fazendo com que haja a necessidade de implantação de novas alternativas de
71 controle.

72 A seleção de animais resistentes á verminoses gastrintestinais surge como uma
73 possível solução no controle das infecções causadas por estes parasitas. Esta seleção pode
74 ser realizada por meio da identificação de animais resistentes e, conseqüentemente, o uso
75 destes em programas de melhoramento, além da eliminação de animais sensíveis as
76 verminoses gastrintestinais do rebanho. A identificação destes animais pode ser realizada
77 pela mensuração de características como FAMACHA[®], ovos por grama de fezes (OPG),
78 hematócrito (HCT) e score da condição corporal (ECC), que já são amplamente

79 realizadas, para obter dados com o intuito de estimar os parâmetros genéticos destas
80 características e os critérios de seleção.

81 Vale ressaltar que é importante avaliar a resistência à verminose com base em
82 métodos estatísticos adequados, que utilizam o máximo das informações destas
83 características, permitindo estimar os componentes de (co)variância com maior acurácia.
84 Ainda deve-se evidenciar que a seleção como método de melhoramento animal só é
85 eficiente quando fundamentada nos valores genéticos obtidos para características de
86 importância econômica dos animais, sempre buscando melhor ganho genético e
87 observando as respostas correlacionadas.

88 Na estimação dos parâmetros genéticos é comum encontrarem características
89 associadas à resistência à verminose que não apresentam distribuição normal ou ainda
90 categóricas, como é o caso do OPG e do FAMACHA[®]. Para estimação dos parâmetros
91 genéticos com esse tipo de características, tem sido realizada a inferência Bayesiana por
92 meio de um modelo animal de limiar (Pires et al., 2010).

93 A inferência Bayesiana vem sendo uma ferramenta de suma importância na
94 estimação dos parâmetros genéticos, pois leva em conta a incerteza existente sobre todos
95 os parâmetros do modelo, além de possibilitar a inclusão de informações passadas, pelo
96 uso de distribuições *a priori* informativas (Nogueira et al., 2003). Dessa forma, objetivou-
97 se estimar os componentes de (co)variâncias e parâmetros genéticos para as características
98 FAMACHA[®], OPG, HCT, ECC e RV em análises uni e multicaracterística utilizando
99 inferência bayesiana.

100

101

Material e Métodos

102

103

A pesquisa foi realizada com informações de 220 ovinos da raça Santa Inês, com registros na Associação Brasileira dos Criadores de Ovinos (ARCO), pertencentes a cinco

104 criatórios localizados na região Meio-norte do Brasil, em que os sistemas de criação
105 variavam conforme as fazendas. Os dados foram coletados em animais com idade superior
106 a oito meses durante o período de dezembro de 2013 à maio de 2014.

107 As coletas dos dados foram realizadas no turno da manhã, com os animais em
108 jejum de 12 horas de sólidos. No momento da coleta, foi realizada a avaliação visual dos
109 animais, que consistiu na verificação de sinais clínicos de sanidade e das características
110 morfológicas de cada animal em observação.

111 Foram registradas informações das características associadas à resistência dos
112 animais a verminoses gastrintestinais, tais como: coloração da mucosa conjuntiva
113 (FAMACHA[®]); escore da condição corporal (ECC); hematócrito (HCT); contagem de
114 ovos por grama de fezes (OPG) e foi determinada também a característica resistência à
115 verminose (RV).

116 A verificação da coloração da conjuntiva ocular dos animais foi realizada de acordo
117 com o método FAMACHA[®], com atribuição de nota de 1 a 5, considerando-se o valor 1
118 correspondendo à cor vermelho robusto, 2 - vermelho rosado, 3 - rosa, 4 - rosa pálido e 5 -
119 branco (Van Wyk et al., 1997), cujo o valor 1 representa o animal sem anemia e 5 animal
120 com alto padrão de anemia.

121 O escore da condição corporal (ECC) foi mensurado atribuído valores em uma
122 escala de 1 a 5 de acordo com a metodologia descrita por Osório e Osório (2003), que
123 consistiu na avaliação visual e palpação com os dedos na região lombar, localizando as
124 apófises espinhosa e transversa. O processo prosseguiu na detecção de deposição de
125 gordura e músculo, com o valor 1 correspondendo ao animal muito magro e o 5 animal
126 com sinais de obesidade.

127 O sangue foi coletado por punção na veia jugular de cada animal, depois de ter
128 realizado a antissepsia do local (álcool iodado), utilizando tubos a vácuo, contendo

129 anticoagulante EDTA. A característica sanguínea (hematócrito (HCT)) foi determinada
130 pelo equipamento hematológico packvet® pertencente ao Hospital Veterinário
131 Universitário de Teresina da Universidade Federal do Piauí (UFPI).

132 As amostras de fezes foram coletadas diretamente da ampola retal do animal,
133 utilizando-se sacos plásticos que servia de luva no ato da coleta e que foram amarrados e
134 identificados após a inversão, com as fezes no seu interior. As amostras foram
135 acondicionadas em caixa de isopor com gelo e encaminhadas ao Laboratório de Sanidade e
136 Reprodução Animal pertencente ao Colégio Técnico de Teresina da Universidade Federal
137 do Piauí (UFPI). Para quantificar o número de ovos por grama de fezes (OPG), foi
138 utilizada solução saturada de cloreto de sódio (NaCl) e leitura ao microscópio em câmara
139 McMaster (Gordon e Whitlock, 1939).

140 A característica resistência à verminose (RV) proposta nesta pesquisa, foi definida
141 com auxílio da análise de agrupamento não hierárquica utilizando o algoritmo *K-means*, a
142 partir das combinações das características FAMACHA[®], HCT, OPG, e ECC. Foram
143 formados três grupos, sendo 1 composto por 170 animais classificados como resistentes, 2
144 por 42 animais classificado como de resistência intermediária e 3 por 9 animais
145 classificados como sensíveis. O agrupamento foi realizado com os dados padronizados,
146 utilizando o Pacote *skmeans* disponível em linguagem R (R Development Core Team,
147 2011).

148 As análises estatísticas de consistência dos dados foram inicialmente realizadas
149 utilizando-se o programa computacional SAS *University Edition* (SAS.com 2017). Para a
150 característica OPG foi utilizada a transformação logarítmica, com base na fórmula (OPG =
151 $\log_{10}(\text{OPG} + 10)$) por não atender a pressuposição de normalidade.

152 Para a formação dos grupos contemporâneos (GC) foi considerado ano de
153 nascimento, estado e tipo de parto. Após análise desses fatores, editou-se um arquivo

154 considerando as características de relevância para análise genética contendo as
 155 identificações dos animais, grupos de contemporâneos, sexo, propriedade, FAMACHA[®],
 156 ECC, HCT, OPG, RV. Permaneceram no arquivo apenas, animais com pai e mãe
 157 conhecidos (animais que não apresentavam informações de pedigree foram descartados).
 158 Após as formatações o arquivo de dados ficou com 220 observações e a matriz dos
 159 coeficientes de parentesco de Wrigth com 491 animais diferentes.

160 Os componentes de (co)variâncias e parâmetros genéticos foram estimados
 161 assumindo um modelo animal de limiar via inferência Bayesiana empregando análises uni
 162 e multicaracterística, com auxílio do software THRGIBBS1F90b (Misztal et al., 2002). O
 163 modelo multicaracterística pode ser representado em notação matricial da seguinte forma:

$$164 \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ y_3 \\ y_4 \\ y_5 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & X_2 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & X_3 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & X_4 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & X_5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \beta_1 \\ \beta_2 \\ \beta_3 \\ \beta_4 \\ \beta_5 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} Z_1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & Z_2 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & Z_3 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & Z_4 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & Z_5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \alpha_1 \\ \alpha_2 \\ \alpha_3 \\ \alpha_4 \\ \alpha_5 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} e_1 \\ e_2 \\ e_3 \\ e_4 \\ e_5 \end{bmatrix}$$

165 em que: y_i ($i=1, 2, \dots, 5$) é o vetor ($n \times 1$) das medidas nas características observadas em
 166 cada animal (FAMACHA[®], ECC, HCT, OPG e RV) (n é o total de observações); X_i ($i=1,$
 167 $2, \dots, 5$) é a matriz ($q \times j$) de incidência que associa β_i com y_i (q é o número de indivíduos
 168 avaliados e j é o número de níveis dos efeitos sistemáticos); β_i ($i=1, 2, \dots, 5$) é o vetor ($j \times$
 169 1) dos efeitos sistemáticos (grupo de contemporâneo, sexo e propriedade); Z_i , ($i=1, 2, \dots, 5$)
 170 é a matriz ($q \times p$) de incidência do efeito genético aditivo (p é o número de indivíduos na
 171 matriz de parentesco ($p = 491$ animais)); α_i ($i=1, 2, \dots, 5$) é o vetor ($p \times 1$) do efeito
 172 genético aditivo direto de cada animal; e_i ($i=1, 2, \dots, 5$) é o vetor ($n \times 1$) do resíduo
 173 associado a cada observações.

174 Pressupõe-se que:

$$y|\beta, \alpha, R \sim NMV(X\beta + Z\alpha + e); \alpha|A, G \sim NMV(0, A \otimes G_0); e|I, R \sim NMV(0, I \otimes R_0)$$

175 em que:

176 $G = A \otimes G_0$, sendo A , matriz de numeradores do coeficiente de parentesco de Wrigth; G_0 ,
177 matriz de (co)variâncias genéticas aditivas entre as características;
178 $R = I \otimes R_0$, sendo I , matriz identidade e R_0 , matriz de (co)variâncias residuais entre as
179 características; \otimes é o operador do produto direto (Kronecker). Para β assumiu-se *priori*
180 não informativa, $P(\beta) \propto \text{constante}$.

181 No modelo de limiar, assumiu-se que a escala subjacente (*Liability*) tem uma
182 distribuição contínua normal, representada como:

$$183 U|\theta \sim N(W\theta, I\sigma_e^2),$$

184 em que: U é o vetor de escala base de ordem r ; $\theta = (\beta, \alpha)$ é o vetor de parâmetro de
185 localização de ordem s com β (definido como efeitos fixos do ponto de vista da análise
186 frequêntista) e ordem s com α (como efeitos genéticos aleatórios diretos); W é a matriz de
187 incidência conhecido de ordem $r \times s$; I é a matriz identidade de ordem $r \times s$ e σ_e^2 é a
188 variância residual.

189 As características categóricas são determinadas por variáveis contínuas não
190 observáveis em escala subjacente, o valor inicial foi fixado para os limiares t , (t_{min} ,
191 $t_1, \dots, t_{j-1}, t_{max}$), $t_1 < t_2, \dots < t_{j-1}$, que dividem a linha da tabela de contingência em j
192 intervalos de resposta, com $t_0 = -\infty$ e $t_j = \infty$, onde j é o número de categorias
193 (limiares). Assim, os dados observáveis dependem da variável subjacente, que é limitada
194 por dois limiares não observáveis.

195 Para entender a função de densidade de probabilidade conjunta dos parâmetros,
196 dados os hiperparâmetros, é necessário conhecer a distribuição dos valores observados y ,
197 que é condicionada pelas observações contínua e limiar. A relação entre as duas variáveis é
198 incomum porque os valores de y são conhecidos se os valores de U e t são conhecidos, mas
199 o inverso não é verdadeiro.

200 Neste caso, as categorias de y_i (variáveis ECC, FAMACHA[©] e RV, definidas,
 201 respectivamente, por escalas de 1 a 5, 1 a 5 e 1 a 3) para cada
 202 animal i foram definidas por U_i na escala subjacente:

$$y_{i(ECC)} = \begin{cases} 1 & t_0 < U_i \leq t_1 \\ 2 & t_1 < U_i \leq t_2 \\ 3 & t_2 < U_i \leq t_3 \\ 4 & t_3 < U_i \leq t_4 \\ 5 & t_4 < U_i \leq t_5 \end{cases}, \quad i = 1, \dots, n, \quad y_{i(FAMACHA)} = \begin{cases} 1 & t_0 < U_i \leq t_1 \\ 2 & t_1 < U_i \leq t_2 \\ 3 & t_2 < U_i \leq t_3 \\ 4 & t_3 < U_i \leq t_4 \\ 5 & t_4 < U_i \leq t_5 \end{cases}, \quad i = 1, \dots, n,$$

203

$$y_{i(RV)} = \begin{cases} 1 & t_0 < U_i \leq t_1 \\ 2 & t_1 < U_i \leq t_2 \\ 3 & t_2 < U_i \leq t_3 \end{cases}, \quad i = 1, \dots, n,$$

204 em que, n é o número de observações para cada categoria. Depois de especificar os
 205 limiares t_0 a t_4 (ECC), t_0 a t_4 (FAMACHA[©]) e t_0 a t_2 (RV), um dos limiares (t_0 a t_5 e t_0 a t_3)
 206 foi ajustado para uma constante arbitrária. Neste caso, assumiu-se que $t_1 = 1$ para que o
 207 vetor de limiares estimáveis fosse definido como:

$$t = \begin{bmatrix} t_2 \\ t_3 \\ t_4 \end{bmatrix} \text{ para ECC, FAMACHA}^{\text{©}} \text{ e } t = \begin{bmatrix} t_2 \\ t_3 \end{bmatrix} \text{ para RV.}$$

208 Como as observações são condicionalmente independentes, a função de
 209 verossimilhança é definida pelo produto das contribuições de cada registro. Assim, a
 210 probabilidade condicional de que y_i cai na categoria j ($j = 1$ a 5) e ($j = 1$ a 3) para o ECC,
 211 FAMACHA[©] e RV, respectivamente, dado os vectores β , α e t , é apresentado como:

$$212 \Pr(y_i = j | \beta, \alpha, t) = \Pr(t_{j-i} < U_i < t_j | \beta, \alpha, t) = \phi(t_j - X_i' \beta - Z_i' \alpha) - \phi(t_{j-1} - X_i' \beta - \\ 213 Z_i' \alpha) = p(y_i | \beta, \alpha, t),$$

214 em que, y_i é a resposta variável à observação i tomando valores 1, 2, 3, 4 e 5, se a
 215 observação pertence à primeira, segunda, terceira, quarta, quinta categoria,
 216 respectivamente; t é o valor limiar para o qual um valor arbitrário será fixado, uma vez que

217 não é estimável; U_i é o valor da variável subjacente para a observação mencionada; ϕ é a
218 função de distribuição cumulativa de uma variável normal padrão.

219 Nesta pesquisa, o grau de liberdade correspondente à distribuição inversa de
220 Wishart, que indica o nível de confiabilidade da distribuição inicial (v), foi *flat* para todas
221 as variâncias iniciais, ou seja, não refletiu o grau de conhecimento sobre os parâmetros
222 ($V = 0$).

223 Para a estimativas das distribuições à *posteriori* dos componentes de (co)variâncias
224 e parâmetros genéticos, foi utilizada uma única cadeia de 800.000 de ciclos com descarte
225 inicial dos primeiros 100.000 ciclos (*burn-in*) e com amostragem a cada 100 ciclos, o que
226 gerou 7.000 amostras, a partir das quais as inferências foram realizadas.

227 A dimensão de *burn-in* e o intervalo de amostragem para o tamanho de cadeia
228 foram definidos por meio de análises preliminares, com as quais a convergência e a
229 distribuição das amostras foram avaliadas utilizando o programa POSTGIBBSF90 (Misztal
230 et al., 2002), que permite análises gráficas e utiliza o teste diagnóstico de Geweke (1992) e
231 o erro de Monte Carlo (Sorensen e Gianola, 2002).

232

233

Resultados e Discussão

234 De acordo com os valores do critério de Geweke a 5% e o Erro de Monte Carlo
235 (EMC) a convergência da cadeia de *Gibbs* foi alcançada para todas as características
236 estudadas, assim como o tamanho da cadeia amostral utilizada foi suficiente para obtenção
237 das estimativas *a posteriori* das distribuições marginais (Tabela 1).

238 As estimativas das variâncias genéticas aditivas na análise multicaracterística foram
239 superiores para ECC, RV, HCT e OPG em relação ao modelo unicaracterística, com
240 exceção da FAMACHA[®], que foi menor (Tabela 1). Este fato pode ser explicado devido à
241 análise multicaracterística proporcionar na avaliação do animal para uma determinada

242 característica a contribuição das informações de todas as outras características envolvidas
243 na análise, diferente do que acontece na unicaracterística, que é limitada apenas em uma
244 característica alvo da seleção (Lassen, 2007).

245 A superioridade da análise multicaracterística foi relatada por alguns autores
246 (Boligon et al., 2009; Magalhães et al., 2013). Esta análise permite melhor estimação dos
247 parâmetros genéticos por considerar as covariâncias entre as características estudadas,
248 sendo mais eficiente no uso das informações disponíveis, devido à redução do viés
249 incorporado quando considera-se as características de forma independente. É sabido que as
250 características de interesse podem ter genes em comum, portanto não independentes, sendo
251 possível captar essas relações com o modelo multicaracterística, chegando mais próximo
252 da realidade fisiológica e configurando melhores estimativas dos componentes de
253 (co)variância (Pedrosa et al., 2014).

254 As estimativas das variâncias ambientais para as características FAMACHA[®], HCT
255 e OPG na análise multicaracterística foram inferiores em comparação à unicaracterística,
256 com exceção da ECC e HCT, que foram maiores (Tabela 1). A menor variância ambiental
257 observada nas características avaliadas via análise multicaracterística pode estar
258 relacionada ao menor viés presente nesta metodologia, sendo esta a mais indicada para
259 obter os critérios de seleção (Boligon et al., 2009; Pedrosa et al., 2014).

260 Referente às estimativas de média, moda e mediana da distribuição a *posteriori*
261 para os coeficientes de herdabilidade para a característica FAMACHA[®] na análise
262 unicaracterística foram próximas entre si, assim como para RV e HCT na
263 multicaracterística também foram próximas entre si tendendo a uma curva de normalidade
264 (Tabela 2). Segundo Santos et al. (2012), quando uma distribuição a *posteriori* apresenta
265 valores de médias, medianas e modas próximos entre si, significa que esta distribuição se
266 assemelha a uma curva normal.

267 As herdabilidades estimadas por meio da análise unicaracterística foram
268 consideradas de média magnitude (Tabela 2), de modo que as características ECC, HCT e
269 OPG foram as que apresentaram menores valores, enquanto que as herdabilidades para
270 FAMACHA[®] e RV foram maiores. Assim, espera-se que a seleção proporcione ganhos
271 genéticos satisfatórios, principalmente ao se considerarem RV.

272 Na análise multicaracterística as estimativas das herdabilidades obtidas foram
273 superiores as encontradas pela análise unicaracterística, variando de média a alta
274 magnitude (Tabela 2), sendo considerada a característica FAMACHA[®] de média
275 magnitude e as características ECC, HCT, OPG e RV de altas magnitudes. A inclusão
276 dessas características em programa de melhoramento genético, provavelmente, pode ser
277 interessante por haver melhor resposta a seleção, uma vez que grande parte da variação
278 fenotípica é atribuída à diferença genética entre os animais.

279 De forma geral, tendo em vista que nas análises unicaracterística e
280 multicaracterística as estimativas de herdabilidades obtidas foram de média magnitude e de
281 média a alta magnitude, respectivamente, é possível afirmar que o fenótipo pode ser um
282 bom indicador do genótipo desses animais, principalmente ao se considerarem as
283 herdabilidades encontradas pela a análise multicaracterística (Tabela 2). Estes resultados
284 obtidos são importantes, pois indicam que ganhos genéticos favoráveis podem ser
285 alcançados pela seleção direta para a resistência à verminoses gastrintestinais ao
286 considerarem estas características, de modo à fornecer confiança para predizer valores
287 genéticos por meio dos valores fenotípicos dos animais.

288 Na literatura, para o FAMACHA[®] Riley e Van Wyk (2009) observaram estimativas
289 de herdabilidade menores às encontradas nesta pesquisa, que variou de 0,06 a 0,24 ao
290 utilizarem a metodologia Máxima Verossimilhança Restrita (REML), em ovinos da raça
291 Merino para seleção de animais resistentes a verminose. Supõe-se que essas diferenças dos

292 valores da herdabilidades estejam relacionadas com a metodologia utilizada ou da própria
293 estrutura genética dos animais que originaram os dados. Além, também da idade, raça,
294 sexo e dos altos valores de OPG ou cargas parasitárias que podem influenciar os valores do
295 FAMACHA[®]. Molento et al. (2013) relataram que o FAMACHA[®] é fortemente
296 influenciado pela carga parasitária expressada pelos animais infectados por verminoses
297 gastrintestinais.

298 Valor de herdabilidade para ECC inferior ao encontrado nesta pesquisa foi
299 observado por Riley e Van Wyk (2009), que foi de 0,17 em ovinos da raça Merino na
300 África. Dessa forma, o resultado obtido nesta pesquisa implica na utilização do ECC em
301 conjunto com outras características indicadora da resistência à verminose para a seleção de
302 ovinos da raça Santa Inês, pois possui vantagens como a de ser uma medida prática, de
303 baixa tecnologia e aceita como indicador do estado geral e de reservas corporais do animal.
304 Contudo, esta característica tem sido avaliada ainda como ferramenta no diagnóstico de
305 infecções causadas por parasitas gastrintestinais (Besier et al., 2010; Cornelius et al.,
306 2014).

307 Para HCT também foi observada por Vanimisetti et al. (2004) estimativas de
308 herdabilidade de média a alta magnitude, oscilando de 0,29 a 0,49, ao utilizarem análises
309 unicaracterística por meio do uso do método da máxima verossimilhança em estudos com
310 ovinos Merinos na Inglaterra. Corroborando com a afirmação de que o fenótipo é um bom
311 indicador do genótipo dos animais.

312 Referente ao OPG Nieto et al. (2003) assumindo um modelo animal de limiar via
313 inferência bayesiana, reportaram que as estimativas de herdabilidades em ovinos variam de
314 0,08 a 0,55. Riley e Van Wy (2009) observaram estimativas de herdabilidade de 0,13
315 usando transformação de OPG (Log [OPG + 100]), em ovinos Merino na África do Sul,
316 resultado este considerado baixo, mostrando que as diferenças fenotípicas são na maioria

317 de origem não genética. Goldenberg et al. (2012) também a partir do OPG, relataram
318 valores de herdabilidade de 0,08 a 0,25, utilizando a transformação Log (OPG + 100) via
319 também a inferência bayesiana para estimação de parâmetros genéticos ligados a
320 resistência à verminose de cordeiros e ovelhas no periparto. No entanto, esses últimos
321 autores apesar de usarem inferência bayesiana utilizaram também outra transformação
322 logarítmica diferente da adotada nesta pesquisa, provavelmente, o que talvez interferiu na
323 diferença entre os valores das herdabilidades. Em estudo desenvolvido por Windon (1996)
324 com ovinos Santa Inês, revelou estimativas de herdabilidades variando de 0,20 a 0,40,
325 valores de herdabilidades equivalentes aos obtidos nesta pesquisa.

326 Os valores de herdabilidades para a resistência dos animais as verminoses, definida
327 como a capacidade do animal de apresentar baixas cargas parasitárias em ambientes
328 contaminados por larvas de verminoses gastrintestinais, em ovinos variam de 0,11 a 0,48
329 (Gauly e Erhardt, 2001). Vale ressaltar que, a estimativa dos parâmetros genéticos por
330 esses autores foram realizadas pelo método da máxima verossimilhança restrita (REML)
331 utilizando apenas as características OPG e HCT. Nieto et al. (2003) encontraram estimativa
332 de herdabilidade para resistência à verminoses em ovinos por meio da inferência bayesiana
333 utilizando um modelo de Limiar de 0,08. No entanto, diferentemente da definição da
334 característica RV nesta pesquisa, a resistência à verminose por esses autores foi definida
335 apenas considerando característica OPG.

336 A característica RV foi a que apresentou maiores valores de herdabilidades (0,33 e
337 0,52) em ambas as análises uni e multicaracterística, respectivamente (Tabela 2). Isso pode
338 está diretamente relacionado com o aumento de informações dos fenótipos associados à
339 resistência à verminose. O agrupamento das características por meio de análise de
340 agrupamento não hierárquico podem proporcionar ganhos genéticos satisfatórios a partir da

341 seleção fenotípica, quando se compara a seleção realizada a partir das demais
342 características de forma individual.

343 Observou-se que as correlações genéticas estimadas entre FAMACHA[®] com ECC
344 e HCT foram negativas e de moderada magnitude (Tabela 3), indicando que os genes
345 envolvidos na expressão dessas características foram os mesmo que expressaram na
346 resposta da outra, em sentido contrário. Desta forma, ao praticarem seleção de animais para
347 menores valores genéticos para FAMACHA[®], os mesmos animais tenderam apresentarem
348 aumento no ECC e HCT, ou seja, esta resposta poderá ser obtida caso a seleção seja
349 realizada para menor FAMACHA[®], via resposta correlacionada. Estes resultados são
350 favoráveis, pois quando um animal está com alta carga parasitária ou apresenta um quadro
351 clínico de anemia, possivelmente, a tendência é a redução dos valores do HCT e do ECC.
352 Apesar disso, sabe-se que no processo de seleção dos animais a resposta correlacionada
353 não depende exclusivamente da correlação genética entre as características, mas também
354 das estimativas de herdabilidades das características mensuradas nos animais.

355 Referente ao valor da correlação genética entre FAMACHA[®] e HCT (Tabela 3),
356 esse resultado já era esperado uma vez que se espera que os genes associados ao
357 FAMACHA[®] e HCT sejam fortemente correlacionados. De acordo com essa associação
358 genética torna-se possível afirmar que o método FAMACHA[®] é seguro na detecção do
359 grau de anemia e que provavelmente, pode ser utilizado na seleção de animais resistentes
360 as verminoses.

361 O valor da correlação genética (Tabela 3) entre FAMACHA[®] e RV foi positiva e de
362 alta magnitude (0,79). A partir desse resultado, pode-se presumir que os genes que atuam
363 para a característica de FAMACHA[®] também atuam de forma conjunta sobre a expressão
364 da RV, dessa forma, poderá ocorrer mudança genética simultânea e na mesma direção em
365 uma característica se a seleção for realizada para outra. Com este resultado sugere-se que

366 ao realizarem seleção para FAMACHA[®] possivelmente, poderá está indiretamente
367 selecionando animais mais resistentes as verminoses gastrintestinais, tendo em vista que a
368 maior correlação genética favorável positiva estimada nesta pesquisa foi entre a RV com a
369 característica FAMACHA[®].

370 Para a característica FAMACHA[®] e OPG (Tabela 3) a correlação genética foi
371 positiva e de moderada magnitude (0,49). O que significa dizer que os genes que atuaram a
372 favor da característica FAMACHA[®] são em parte os mesmos que estão colaborando com a
373 expressão da característica OPG. Assim, entre essa associação genética pode ocorrer
374 também mudança genética simultânea e no mesmo sentido, ou seja, selecionando animais
375 que estão infectados ou com alta carga parasitaria (maior OPG) tenderam a apresentarem
376 um grau clínico de anemia elevada pela indicação também do maior FAMACHA[®]. É
377 possível, afirmar que essa correlação genética corrobora com a ideia de que animais com
378 maiores valores para as características FAMACHA[®] e OPG são classificados em sensíveis
379 às verminoses gastrintestinais.

380 O ECC apresentou correlação genética entre a característica RV negativa e de
381 moderada magnitude (Tabela 3). Dessa forma, ao selecionarem os animais que
382 apresentaram melhores valores genéticos para RV resultariam em obterem também animais
383 com baixas condições de reservas corporais, uma vez que as contribuições dos genes para a
384 expressão da RV tenderam a diminuir a resposta da ECC dos animais.

385 Já entre o ECC e HCT (Tabela 3) a correlação genética estimada foi positiva e de
386 alta magnitude (0,72), demonstrando que os genes que agiram a favor do ECC também
387 atuaram de forma conjunta com HCT. A seleção para uma dessas características
388 possibilitará resposta correlacionada para a outra em mesma direção e sentido. Este
389 resultado foi favorável, pois ao selecionarem ovinos com boas condições de reservas
390 corporais podem ao mesmo tempo está selecionando animais resistentes e sem alterações

391 nos valores do hematócrito (HCT), que por sua vez, está diretamente relacionado com a
392 anemia causada pelas as verminoses gastrintestinais nos animais.

393 A estimativa da correlação genética entre ECC e OPG foi negativa e de moderada
394 magnitude (Tabela 3). Essa correlação genética é um indicativo de que ao selecionarem
395 animais que possuam valores genéticos superiores para ECC, ou seja, animais resistentes,
396 os mesmos tenderam também apresentarem menores valores para OPG, já que a maioria
397 dos genes que atuam reduzindo o OPG também contribuem para o aumento do ECC ao
398 mesmo tempo e em sentido contrário.

399 A correlação genética (Tabela 3) entre RV e HCT foi negativa e também de alta
400 magnitude (-0,80). Demonstrando que os genes que atuam na expressão da característica
401 RV, foram na grande maioria os mesmos que expressaram na resposta da HCT,
402 simultaneamente e em sentido contrário. De forma geral, sugere-se que esse resultado não
403 foi favorável, pois o que se espera ao selecionarem animais com maiores valores genéticos
404 para a RV resultados também na seleção de animais com maiores valores genéticos para
405 HCT. Isso se explica pelo fato de que animais com maiores valores genéticos para RV e
406 que apresentem baixos valores para HCT serem mais sensíveis as verminoses
407 gastrintestinais.

408 A característica RV apresentou correlação genética com OPG (Tabela 3) de alta
409 magnitude e positiva (0,77), confirmando que os genes que agiram contribuindo com a
410 expressão da RV foram na maioria os mesmos genes que expressaram conjuntamente a
411 resposta do OPG, assim, a seleção para uma característica possibilitará resposta
412 correlacionada para a outra em mesma direção e sentido. O resultado obtido é um
413 indicativo de que animais com maior OPG e também com maior RV tenderam a ser mais
414 sensíveis às verminoses gastrintestinais, uma vez que ao selecionar os animais

415 considerando a RV pode ocorrer aumento também na carga parasitária dos ovinos (maior
416 OPG).

417 Para HCT e OPG a estimativa da correlação genética foi negativa e de moderada
418 magnitude (Tabela 3), sugerindo que os genes que atuaram contribuindo com a expressão
419 da característica HCT foram, em parte os mesmos que expressaram de forma contrário na
420 resposta do OPG. É possível afirmar que esse resultado foi favorável, de modo que ao
421 selecionarem os animais considerando o valor genético para HCT resultariam em menores
422 valores para OPG ou carga parasitária. Sendo assim, os animais que apresentam maior
423 valor para HCT e menores de OPG tendem a ser mais resistentes às verminoses. De acordo
424 com Van Burgel et al. (2011) as características OPG e HCT são as características mais
425 utilizadas na identificação de animais resistentes.

426 Quanto às estimativas das correlações ambientais, observou-se que entre
427 FAMACHA[®] e ECC, FAMACHA[®] e HCT, as estimativas foram todas negativas e de
428 moderada magnitude (Tabela 3). O que significa dizer que as causas de condições
429 ambientais atuaram de formas diferentes na expressão das características, favorecendo um
430 aumento na influência de uma característica e contribuindo com a redução na resposta da
431 outra ao mesmo tempo.

432 É possível observar que o OPG apresentou correlações ambientais positivas com
433 todas as características (FAMACHA[®], ECC, RV e HCT), sendo a de alta magnitude a
434 entre a RV (Tabela 3). Estes resultados obtidos implicam que ambas as características,
435 provavelmente foram influenciadas de forma semelhantes pelas as condições ambientais.
436 Vale destacar que a correlação ambiental entre OPG e HCT foi próxima de zero,
437 demonstrando que são poucas às influencias ambientais envolvidas na expressão de ambas
438 as características. Ferraz Filho (2002) relatou que as baixas correlações de ambiente,
439 indicam pequenas associações genéticas aditivas e/ou ambientais.

440 As correlações ambientais entre RV e HCT, e entre RV e ECC foram positivas e de
441 baixa magnitude (Tabela 3), sugerindo que ambas as características possivelmente, foram
442 influenciadas de maneira semelhante pelas as mesmas condições ambientais. Quanto à
443 correlação ambiental entre o ECC e HCT observou-se que foi negativa e de baixa
444 magnitude, indicando também que são pequenas as associações das condições ambientais,
445 ou seja, as influências do ambiente atuaram de maneira diferente na expressão de ambas as
446 características ao mesmo tempo.

447 É importante lembrar que as correlações genéticas e de ambiente são, diferentes em
448 magnitude e algumas vezes, em sinal. Diferenças como estas, indicam que as causas de
449 variação genéticas e de ambiente afetam os caracteres por meio de diferentes mecanismos
450 fisiológicos.

451

452 **Conclusões**

- 453 1. As estimativas de parâmetros genéticos para a característica resistência à
454 verminoses (RV) sugerem que ganhos genéticos podem ser alcançados a partir da
455 seleção direta para RV e seleção indireta por meio das características FAMACHA[®]
456 e OPG.
- 457 2. A análise multicaracterística possibilitou maiores estimativas dos parâmetros
458 genéticos para as características estudadas.

459

460 **Referências**

- 461 AFONSO, V.A.C.; COSTA, R.L.D.; SOARES FILHO, C.V.; CUNHA, E.A.; PERRI,
462 S.H.V.; BONELLO, F.L. Supplementation with protected fat to manage gastro-intestinal
463 nematode infections in Santa Ines sheep. **Semina: Ciências Agrárias**, v.34, p.1227-1238,
464 2013.
- 465 BESIER, R.B.; LOVE, R.A.; LYON, J.; VAN BURGEL, A.J. A targeted selective
466 treatment approach for effective and sustainable sheep worm management: investigations
467 in Western Australia. **Animal Production Science**, v.50, p.1034-1042, 2010.

- 468 BOLIGON, A.A.; ALBUQUERQUE, L.G.D.; MERCADANTE, M.E.Z.; LÔBO, R.B.
469 Herdabilidades e correlações entre pesos do nascimento à idade adulta em rebanhos da raça
470 Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, p.2320-2326, 2009.
- 471 COSTA, K.M.F.M.; AHID, S.M.M.; VIEIRA, L.S.; VALE, A.M.; SOTO-BLANCO, B.
472 Efeitos do tratamento com closantel e ivermectina na carga parasitária, no perfil
473 hematológico e bioquímico sérico e no grau FAMACHA[®] de ovinos infectados com
474 nematódeos. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v.31, p.1075-1082, 2011.
- 475 CORNELIUS, M.P.; JACOBSON, C.; BESIÉ, R.B. Body condition score as a selection
476 tool for targeted selective treatment-based nematode control strategies in Merino ewes.
477 **Veterinary Parasitology**, v.206, p.173-181, 2014.
- 478 FERRAZ FILHO, P.B.; RAMOS, A.A.; SILVA, L.O.C.; SOUZA, J.C.; ALENCAR, M.M.
479 Herdabilidade e correlações genéticas, fenotípicas e ambientais para pesos em diferentes
480 idades de bovinos da raça Tabapuã. **Archives of Veterinary Science**, v.7, p.65-69, 2002.
- 481 GAULY, M.; ERHARDT, G. Genetic resistance to gastrointestinal nematode parasites in
482 Rhon sheep following natural infection. **Veterinary Parasitology**, v.102, p.253-259, 2001.
- 483 GEWEKE, J. Evaluating the accuracy of sampling- based approaches to calculating
484 posterior moments. **Bayesian Statistics**, v.4, p.1-31, 1992.
- 485 GOLDENBERG, V.; CIAPPESONI, G.; AGUILAR, I. Genetic parameters for nematode
486 resistance in periparturient ewes and post-weaning lambs in Uruguayan Merino sheep.
487 **Livestock Science**, v.127, p.181-187, 2012.
- 488 GORDON, H.; WHITLOCK, H.V. A new technique for counting nematode eggs in sheep
489 faeces. **Journal Council Science Industrial Research**, v.12, p.50-52, 1939.
- 490 LASSEN, J.; SORENSEN, M.K.; MADSEN, P.; DUCROCQ, V. An approximate
491 multitrait model for genetic evaluation in dairy cattle with a robust estimation of genetic
492 trends. **Genetics Selection Evolution**, v.39, p.353-367, 2007.
- 493 MAGALHÃES, A.F.B.; LOBO, R.N.B.; FACÓ, O. Estimativas de parâmetros genéticos
494 para características de crescimento em ovinos da raça Somalis Brasileira. **Ciência Rural**,
495 v.43, p.884-889, 2013.
- 496 MILLER, C.M.; WAGHORN, T.S.; LEATHWICK, D.M.; CANDY, P.M.; OLIVER,
497 A.M.B.; WATSON, T.G. The production cost of anthelmintic resistance in lambs.
498 **Veterinary Parasitology**, v.186, p.376-381, 2012.
- 499 MISZTAL, I.; TSURUTA, S.; STRABEL, T.; AUVRAY, B.; DRUET, T.; LEE, D.H.
500 **BLUPF90 and related programs (BGF90)**. In: Proceedings of the 7th world congress on
501 genetics applied to livestock production. Montpellier, Communication No. P.28-27, 2002.
502 [CD ROM].
- 503 MOLENTO, M.B. FORTES, F.S.; PONDELEK, D.A.S.; BORGES, F.A.; CHARGAS,
504 A.C.S.; TORRES-ACOSTA, J.F.J.; GELDHOF, P. Challenges of nematode control in
505 ruminants: Focus on Latin America. **Veterinary Parasitology**, v.180, p.126-132, 2011.
- 506 NIETO, L.M.; MARTINS, E.N.; MACEDO, F.D.A.F.; SAKAGUTI, E.S.; SANTOS, A.I.
507 Utilização de um modelo de limiar na estimação da herdabilidade de resistência dos ovinos
508 aos endoparasitos. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, v.25, p.151-155, 2003.
- 509 NICOLODI, P.R.S.J.; CAMARGO, E.V.; ZENI D.; ROCHA, R. X.; CYRILLO F.C.;
510 SOUZA, F.N.; LIBERA, A.M.M.D.; BONDAN, C.; LEAL, M.L. do R. Perfil proteico e

511 metabolismo oxidativo de cordeiros experimentalmente infectados pelo *Haemonchus*
512 *contortus* e suplementados com selênio e vitamina. **Ciência Rural**, v.40, p.561-567, 2010.

513 NOGUEIRA, D.A.; SÁFADI, T.; BEARZOTI, T.; BUENO-FILHO, J.S.S. Análises
514 clássica e bayesiana de um modelo misto aplicado ao melhoramento animal: uma
515 ilustração. **Ciência e Agrotecnologia**, v.27, p.1614-1624, 2003.

516 OSÓRIO, J.C.S.; OSÓRIO, M.T.M. **Produção de carne ovina: técnicas de avaliação “in**
517 **vivo” e na carcaça**. Pelotas, UFPEL, 2003. 73 p.

518 PEDROSA, V.B.; PINTO, L.F.; FERRAZ, J.B.; ELER, J.P. Utilização de modelos
519 unicaracterística e multicaracterística na estimação de parâmetros genéticos na raça Nelore.
520 **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.66, p.1802-1812, 2014.

521 PIRES, B.C.; FARIA, C.U.; VIU, M.A.O.; TERRA, J.P.; LOPES, D.T.;
522 MAGNABOSCO, C.U.; LÔBO, R.B. Modelos bayesianos de limiar e linear na estimação
523 de parâmetros genéticos para características morfológicas de bovinos da raça Nelore.
524 **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.11, p.651-661, 2010.

525 RILEY, D.G.; VAN WYK, J.A. Genetic parameters for FAMACHA[®] score and related
526 traits for host resistance/resilience and production at differing severities of worm challenge
527 in a Merino flock in South Africa. **Veterinary Parasitology**, v.164, p.44-52, 2009.

528 SANTOS, N.P.S.; FIGUEIREDO F. L.A.S.; SARMENTO, J.L.R.; MARTINS FILHO, R.;
529 BIAGIOTTI, D.; NETO, A.A.R. Estimação de parâmetros genéticos de pesos em
530 diferentes idades em bovinos da raça Nelore criados no Meio-Norte do Brasil usando
531 Amostragem de Gibbs. **Acta Tecnológica**, v.7, p.1-7, 2012.

532 SAS. **Free Statistical Software, SAS University Edition**. [online]. 2017. Disponível
533 em: <http://www.sas.com/en_us/software/university-edition.html>. Acesso em: 08 jan.
534 2017.

535 SORENSEN, D.A.; GIANOLA, D. **Likelihood, bayesian, and MCMC methods in**
536 **quantitative genetics: Statistics for Biology and Health**. New York: Springer, 2002.
537 740p.

538 VANIMISSETTI, H.B.; ANDREW, S.L.; ZAJAC, A.M.; NOTTER, D.R. Inheritance of
539 fecal egg count and packed cell volume and their relationship with production traits in
540 sheep infected with *Haemonchus contortus*. **Journal of Animal Science**, v.82, p.1602-
541 1611, 2004.

542 VAN BURGEL, A.L.; OLDHAM, C.M.; BEHRENDT, R.; CURNOW, D.J.; GORDON,
543 D.J.; THOMPSON, A. N. The merit of condition score and fat score as alternatives to
544 liveweight for managing the nutrition of ewes. **Animal Production Science**, v.51, p.834-
545 841, 2011.

546 VAN WYK, J.A.; MALAN, F.S.; BATH, G.F. **Rampant anthelmintic resistance in**
547 **sheep in South Africa - what are the options? In: Managing Anthelmintic Resistance**
548 **in Endoparasites**. Workshop held at the 16th International Conference of the World
549 Association for the Advancement of Veterinary Parasitology, 1997, 51-63p.

550 WINDON, R.G. Genetic control of resistance to helminths in sheep. **Veterinary**
551 **Immunology and Immunopathology**, v.54, p.245-54, 1996.

552 **Tabela 1.** Médias *a posteriori* para os componentes de (co)variâncias das características de
 553 coloração da mucosa conjuntiva (FAMACHA[®]), escore da condição corporal (ECC),
 554 hematócrito (HCT), ovos por grama de fezes (OPG) e resistência à verminose (RV), em
 555 ovinos Santa Inês sob análises uni e multicaracterística.

Características	Componentes de (co)variância					Geweke (p-value)
	σ_a^2	EMC ¹	σ_e^2	EMC ²	σ_p^2	
Unicaracterística						
FAMACHA [®]	0,13	0,0070	0,35	0,0073	0,48	0,05
ECC	0,42	0,0002	1,64	0,0066	2,07	0,05
RV	1,07	0,0010	2,1	0,0054	3,17	0,05
HCT	4,79	0,0019	16,02	0,0015	20,82	0,03
OPG	0,17	0,0087	0,59	0,007	0,77	0,01
Multicaracterística						
FAMACHA [®]	0,12	0,0014	0,31	0,0018	0,43	0,05
ECC	1,69	0,0084	1,88	0,0064	3,57	0,05
RV	10,43	0,0054	9,55	0,0046	19,99	0,00
HCT	11,81	0,0016	12,66	0,0074	24,47	0,05
OPG	0,36	0,0035	0,54	0,0025	0,91	0,05

556 σ_a^2 = variância genética aditiva; σ_e^2 = variância ambiental; σ_p^2 = variância fenotípica;
 557 EMC^{1,2} = Erro de Monte Carlo associado à variância genética direta aditiva¹ e ambiental²,
 558 respectivamente.

559 **Tabela 2.** Médias, medianas e modas *a posteriori* para a herdabilidade das características
 560 de coloração da mucosa conjuntiva (FAMACHA[®]), escore da condição corporal (ECC),
 561 hematócrito (HCT), ovos por grama de fezes (OPG) e resistência à verminose (RV), em
 562 ovinos Santa Inês sob análises uni e multicaracterística.

Análises	Características	Herdabilidade (h^2)			HPD (95%)	
		Média	Mediana	Moda	L.I.	L.S.
Unicaracterística	FAMACHA [®]	0,27	0,25	0,25	0,11	0,35
	ECC	0,21	0,24	0,16	0,12	0,29
	RV	0,33	0,28	0,16	0,13	0,40
	HCT	0,23	0,20	0,14	0,10	0,32
	OPG	0,23	0,20	0,16	0,09	0,34
Multicaracterística	FAMACHA [®]	0,28	0,27	0,21	0,12	0,33
	ECC	0,47	0,50	0,34	0,15	0,51
	RV	0,52	0,51	0,50	0,19	0,64
	HCT	0,48	0,49	0,47	0,20	0,59
	OPG	0,40	0,39	0,33	0,18	0,55

563 HPD = hiperparâmetros de alta densidade (95%); L.I = limite inferior; L.S. = limite
 564 superior.

565 **Tabela 3.** Correlações genéticas (diagonal superior) e ambiental (diagonal inferior) entre a
 566 coloração da mucosa conjuntiva (FAMACHA[®]), escore da condição corporal (ECC),
 567 hematócrito (HCT), ovos por grama de fezes (OPG) e resistência à verminose (RV), em
 568 ovinos Santa Inês.

Características	FAMACHA [®]	ECC	RV	HCT	OPG
FAMACHA [®]	-	-0,43	0,79	-0,30	0,49
ECC	-0,51	-	-0,64	0,72	-0,48
RV	0,10	0,47	-	-0,80	0,77
HCT	-0,61	-0,11	0,14	-	-0,62
OPG	0,17	0,43	0,91	0,01	-

569

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A classificação de ovinos quanto à resistência à verminose pode ser realizada por meio de análise de agrupamento não hierárquico utilizando ao algoritmo *K-means*, a partir das características FAMACHA[®], HCT, OPG e ECC, sugerindo que estes fenótipos podem ser uma alternativa promissora para aplicação em programas de melhoramento genético, com o objetivo de identificar ovinos resistentes às infecções por verminoses gastrintestinais. No entanto, ainda fazem-se necessários mais estudos neste sentido para validar estes resultados, uma vez que são poucas as pesquisas relacionadas à utilização desse método para a determinação da resistência à verminose de ovinos Santa Inês.

Esta pesquisa demonstrou que o algoritmo *K-means* possibilitou classificar os animais quanto à resistência à verminose, separou claramente os grupos de animais resistentes, com resistência intermediária e sensível. Assim, sugere-se que a inclusão desse método em programas de melhoramento genético, como ferramenta na identificação de animais resistentes, pode levar a resultados mais acurados, tornando se uma alternativa importante para estudos nesta área.

Os parâmetros genéticos estimados para a característica resistência à verminose (RV) nesta pesquisa foram de alta magnitude, sugerindo a inclusão da mesma em programas de melhoramento genético. No entanto, pesquisas adicionais são necessárias para a estimação de parâmetros genéticos para fenótipos associados à resistência à verminose, para ter mais informações que possam ser utilizadas em programas de melhoramento.

Os resultados encontrados mostra ser possível a inserção da característica resistência à verminose (RV) em programas de melhoramento genético. Portanto, recomenda-se mais estudos sobre essa característica por meio do uso de técnicas genômicas ou seleção genômica em rebanhos ovinos, para verificar a existência de associação genética entre associações genômicas e características fenotípicas ligadas a resistência às verminoses gastrintestinais, o que permitirá inferir com maior exatidão os resultados.

APÊNDICE

Tabela 1. Amostras aleatórias dos animais utilizados na formação dos grupos pelo algoritmo *K-means* utilizando as características de escore da condição corporal (ECC), altura da cernelha (AC), altura da garupa (AG), coloração da mucosa conjuntiva (FAMACHA[®]), contagem de células brancas (WBC), contagem de células vermelhas (RBC), hemoglobina (HGB), hematócrito (HCT), volume corpuscular médio (MCV), hemoglobina corpuscular médio (MCH), concentração de hemoglobina corpuscular média (MCHC), plaquetas (PLT), ovos por grama de fezes (OPG), em ovinos da raça Santa Inês.

Grupos dos animais	Nº dos animais	Análise Completa	Análise Reduzida	ECC*	AC	AG	FAM*	WBC	RBC	HGB	HCT*	MCV	MCH	MCHC	PLT	OPG*
Resistentes	844MA	1	1	2,5	73	73	1	5,2	9,8	9,7	31,7	32	9,9	30,7	418	700
	836MAI	1	1	3,5	72	74	1	8,9	9,3	8,9	29,7	32	9,6	30	575	0
	928	1	1	4,5	71	71	1	6,9	12,3	11,6	10,7	33	9,4	28,4	413	800
	811	1	1	3	77	80	2	8,8	8,4	8,8	28	33	10,4	31,4	817	1000
	476MA	1	1	1	69	69	3	6,6	5,9	6,1	19,9	33	10,3	30,9	509	0
	660	1	1	3	71	72	1	9,2	8,9	8,8	29,6	33	9,9	29,9	561	800
	758PI	1	1	1	82	82	3	9,4	10,6	9,4	32,5	31	8,8	28,8	310	0
	880	1	1	4	70	70	3	8,3	10,7	10,8	31,9	30	10,1	33,8	654	1100
	490	1	1	3	88	86	2	9,2	12,1	12,4	40	33	10,2	31	484	700
Resistencia Intermediária	900	2	2	2	72	72	1	10,1	9,0	8,6	26,8	29	9,5	32,1	402	5800
	494	2	2	1,5	79	81	3	7,1	5,9	6,3	21,2	36	10,7	29,9	438	6600
	126	2	2	3	80	80	2	5,2	8,5	8,8	28,8	34	10,3	30,4	306	2000
	734	2	2	1,5	79	79	1	6,9	7,9	8,2	25,9	32	10,3	32,2	622	2500
	834MA	2	2	3	78	78	1	4,6	7,5	7,6	25,2	34	10,1	30,1	431	3500
	862	2	2	1	70	70	3	6,6	9,4	9	28,6	30	9,5	31,4	527	2400
	894PI	2	2	4	73	74	3	4,8	12,4	12,4	39,1	31	9,9	31,7	493	2500
	328	2	2	1	77	76	3	7,2	6,9	6,3	22	32	9,1	28,7	503	2300
436	2	2	3	75	74	3	9,1	9,5	9,6	29,5	31	10	32,4	780	2300	
Sensíveis	400MA	3	3	1	75	74	3	7,2	5,5	5,5	18,2	33	10	30,2	753	8000
	350MA	3	3	1	73	73	3	3,3	5,0	5,2	16,5	33	10,2	31,2	311	14500

Continuação da Tabela 1...

Tabela 1. Amostras aleatórias dos animais utilizados na formação dos grupos pelo algoritmo *K-means* utilizando as características de escore da condição corporal (ECC), altura da cernelha (AC), altura da garupa (AG), coloração da mucosa conjuntiva (FAMACHA[®]), contagem de células brancas (WBC), contagem de células vermelhas (RBC), hemoglobina (HGB), hematócrito (HCT), volume corpuscular médio (MCV), hemoglobina corpuscular médio (MCH), concentração de hemoglobina corpuscular média (MCHC), plaquetas (PLT), ovos por grama de fezes (OPG), em ovinos da raça Santa Inês.

Grupos dos animais	Nº dos animais	Análise Completa	Análise Reduzida	ECC*	AC	AG	FAM*	WBC	RBC	HGB	HCT*	MCV	MCH	MCHC	PLT	OPG*
Sensíveis	44	3	3	1,5	77	77	4	8	6,5	6,3	21,8	33	9,7	29,1	282	10000
	102	3	3	1,5	73	75	4	8,2	5,5	5,8	18,9	34	10,5	30,6	355	24000
	56	3	3	1	73	74	3	6,3	7,5	8	25,6	34	10,7	31,5	673	15500
	832	3	3	4	75	76	2	6,6	10,4	7,7	34,1	33	9,2	28,3	649	7600
	543	3	3	3	75	75	2	5,3	10,5	9,6	34,7	33	9,1	27,7	450	8100
	318	3	3	1	74	74	4	5,7	8,87	7,8	27,1	31	8,8	29	262	7600
	432	3	3	2	77	79	3	6,5	8,62	8,3	27,3	32	9,6	30,3	671	8100

Nota: *Características que foram utilizadas na análise Reduzida; FAM = FAMACHA.