

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAIBA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
PROGRAMA DE DOUTORADO INTEGRADO EM ZOOTECNIA -
PDIZ**

**TÉCNICAS ESTATÍSTICAS MULTIVARIADAS APLICADAS A
CARACTERIZAÇÃO DE CARÇAÇA DE OVINOS DA RAÇA MORADA NOVA**

DEBORAH GALVÃO PEIXOTO GUEDES

**RECIFE - PE
JULHO 2017**

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAIBA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
PROGRAMA DE DOUTORADO INTEGRADO EM ZOOTECNIA -
PDIZ**

**TÉCNICAS ESTATÍSTICAS MULTIVARIADAS APLICADAS A
CARACTERIZAÇÃO DE CARÇA DE OVINOS DA RAÇA MORADA NOVA**

DÉBORAH GALVÃO PEIXOTO GUEDES

Zootecnista

RECIFE - PE

JULHO 2017

DEBORAH GALVÃO PEIXOTO GUEDES

**TÉCNICAS ESTATÍSTICAS MULTIVARIADAS APLICADAS A
CARACTERIZAÇÃO DE CARÇA DE OVINOS DA RAÇA MORADA NOVA**

Tese apresentada ao Programa de Doutorado Integrado em Zootecnia da Universidade Federal Rural de Pernambuco, Universidade Federal da Paraíba e Universidade Federal do Ceará como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Zootecnia.

Área de concentração: Produção Animal

Comitê de Orientação:

Prof.^a Dr.^a Maria Norma Ribeiro (DZ/UFRPE)

Prof. Dr. Francisco Fernando Ramos de Carvalho (DZ/UFRPE)

RECIFE - PE

JULHO 2017

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE
Biblioteca Central, Recife-PE, Brasil

G924t Guedes, Déborah Galvão Peixôto
Técnicas estatísticas multivariadas aplicadas a
caracterização de carcaça de ovinos da raça Morada Nova /
Déborah Galvão Peixôto Guedes. – 2017.
99 f. : il.

Orientadora: Maria Norma Ribeiro.
Coorientadores: Francisco Fernando Ramos de Carvalho.
Tese (Doutorado) – Universidade Federal Rural de
Pernambuco, Universidade Federal do Ceará, Universidade
Federal da Paraíba, Programa de Doutorado Integrado em
Zootecnia, Recife, BR-PE, 2017.
Inclui referências.

1. Análise discriminante canônica 2. Componentes
principais 3. Correlação canônica 4. Ovinocultura I. Ribeiro,
Maria Norma, orient. II. Carvalho, Francisco Fernando Ramos de,
coorient. III. Título

CDD 636

DEBORAH GALVÃO PEIXOTO GUEDES

**TÉCNICAS ESTATÍSTICAS MULTIVARIADAS APLICADAS A
CARACTERIZAÇÃO DE CARÇAÇA DE OVINOS DA RAÇA MORADA NOVA**

Tese defendida e aprovada pela Comissão Examinadora em 27 de julho de 2017.

Orientador:

Prof.^a Dr.^a Maria Norma Ribeiro
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Comissão Examinadora:

Prof.^a Dr.^a Lúcia Helena de Albuquerque Brasil
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Prof. Dr. João Paulo Ismério dos Santos Monnerat
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Prof.^a Dr.^a Laura Leandro da Rocha
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Prof. Dr. George Rodrigo Beltrão da Cruz
Universidade Federal da Paraíba

**RECIFE - PE
JULHO 2017**

BIOGRAFIA DO AUTOR

DÉBORAH GALVÃO PEIXOTO GUEDES, nascida em 20 de dezembro de 1989, filha de Francisco Eudes Peixôto Guedes e Lindóia de Medeiros Galvão Peixôto Guedes, natural de Santa Cruz - RN, iniciou o curso de graduação em Zootecnia pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte no ano de 2007 e teve sua conclusão em fevereiro de 2012. Em março de 2012, ingressou no Programa de Pós-graduação em Produção Animal, área de concentração Produção Animal, da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, concluindo o mestrado em fevereiro de 2014. Em março de 2014, ingressou no Programa de Doutorado Integrado em Zootecnia - PDIZ, área de concentração Produção Animal, da Universidade Federal Rural de Pernambuco, tendo sua Tese de Doutorado defendida e aprovada em 27 de julho de 2017.

*“Não é sobre chegar no topo do mundo e saber que venceu.
É sobre escalar e sentir que o caminho te fortaleceu...”*

(Trem bala - Ana Vilela)

Aos meus pais, por serem a minha fonte de
inspiração, força e coragem. Meu porto seguro.

Dedico.

AGRADECIMENTOS

À Deus, por me dar forças nos momentos em que eu mais precisei;

Aos meus queridos pais Eudes e Lindóia, por toda confiança em mim depositada, pelo amor gratuito, por compreender a minha ausência e por toda dedicação infinita;

Ao meu irmão Matheus, por todo apoio e ajuda dados nesses anos;

À minha avó Aparecida, pelas orações que sempre me blindaram de todo o mal;

Ao meu noivo David, pelo carinho, apoio e compreensão durante essa caminhada;

À Universidade Federal Rural de Pernambuco, em especial, ao Programa de Doutorado Integrado em Zootecnia - PDIZ pela oportunidade de fazer parte de um programa de excelência, pelo suporte e pela acolhida;

À Prof.^a Dr.^a Maria Norma Ribeiro, minha orientadora, pessoa admirável e de um coração imenso! Agradeço pelos ensinamentos que foram muito além do universo acadêmico, por sua paciência, pela confiança, por sua compreensão em relação a distância no último ano. Meu muito obrigada!

Ao Prof. Dr. Francisco Fernando Ramos de Carvalho, pela coorientação e confiança;

Aos membros da banca, pelo aceite do convite e pelo enriquecimento deste trabalho;

Ao corpo docente do Programa de Doutorado Integrado em Zootecnia da UFRPE, pela contribuição acadêmica durante a minha formação;

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES, pela concessão da bolsa de estudos;

Aos amigos da Pós-graduação, Janaína, Paulo, Henrique, Alexandre, Jardel, Liliane, Laís, Beatrice e Thalita pela amizade e apoio ao longo dessa caminhada. Obrigada pela troca de ideias, pelas gargalhadas e sorrisos que compartilhamos juntos.

Por fim, a todos que, de maneira direta ou indireta contribuíram para a realização deste trabalho.

Meu muito obrigada!

SUMÁRIO

RESUMO GERAL	14
ABSTRACT	16
CONSIDERAÇÕES INICIAIS	18
CAPÍTULO I – Referencial teórico	20
1. AVALIAÇÃO DA CARCAÇA DE OVINOS	21
2. ANÁLISE MULTIVARIADA DE DADOS	23
2.1 ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS	25
2.2 ANÁLISE DE CORRELAÇÃO CANÔNICA	30
2.3 ANÁLISE DISCRIMINANTE	33
2.3.1 ANÁLISE DISCRIMINANTE CANÔNICA	39
3. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	41
CAPÍTULO II - Aplicação de técnicas multivariadas para a Caracterização de carcaça de ovinos da raça Morada Nova I: Análise de componentes principais.....	46
RESUMO	47
ABSTRACT	49
INTRODUÇÃO.....	51
MATERIAL E MÉTODOS.....	52
RESULTADOS E DISCUSSÃO	54
CONCLUSÃO.....	59
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	59
CAPÍTULO III - Aplicação de técnicas multivariadas para a Caracterização de carcaça de ovinos da raça Morada Nova II: Análise discriminante canônica	62
RESUMO	63
ABSTRACT	65
INTRODUÇÃO.....	67
MATERIAL E MÉTODOS.....	68
RESULTADOS E DISCUSSÃO	72
CONCLUSÃO.....	80
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	80
CAPÍTULO IV_ Aplicação de técnicas multivariadas para a caracterização de carcaça de ovinos da raça Morada Nova III: Análise de correlação canônica	83

RESUMO	84
ABSTRACT	85
INTRODUÇÃO.....	86
MATERIAL E MÉTODOS.....	87
RESULTADOS E DISCUSSÃO	89
CONCLUSÃO.....	94
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	95
CONSIDERAÇÕES FINAIS E IMPLICAÇÕES	98

LISTA DE QUADROS E TABELAS

CAPÍTULO I

Quadro 1 - Resumo dos produtos de uma análise discriminante.....	35
--	----

CAPÍTULO II

Tabela 1 – Médias corrigidas e desvios-padrão (DP) das características de carcaça de ovinos da raça Morada Nova.....	54
Tabela 2 – Componentes principais, autovalores (λ_i), a porcentagem da variância explicada pelos componentes (VCP) e a porcentagem da variância explicada pelos componentes acumulada (VCP Acumulado), das características de carcaça de ovinos da raça Morada Nova.	55
Tabela 3 – Coeficientes de ponderação dos cinco primeiros componentes mais importantes para explicar a variação total das 19 variáveis originais	56

CAPÍTULO III

Tabela 1 – Coeficientes canônicos padronizados e a variação total explicada por cada variável canônica.	73
Tabela 2 – Distância de Mahalanobis quadráticas pareadas (acima da linha diagonal) e a probabilidade pelo teste F entre os tratamentos (abaixo da linha diagonal).	74
Tabela 3 – Variáveis selecionadas pelo método <i>stepwise</i>	75
Tabela 4 – Coeficientes canônicos padronizados e a variação total explicada por cada variável canônica para o segundo banco de dados.	76
Tabela 5 – Distância de Mahalanobis quadráticas pareadas (acima da linha diagonal) e a probabilidade pelo teste F entre os tratamentos (abaixo da linha diagonal), para o segundo conjunto de dados.	78

CAPÍTULO IV

Tabela 1 – Média, desvio-padrão, mínimo, máximo e coeficiente de variação para as características de medidas biométricas e de rendimento de cortes cárneos de ovinos da raça Morada Nova.	89
--	----

Tabela 2 – Coeficientes canônicos padronizados, correlação canônica (r), correlação canônica quadrática (r^2), teste F e lâmbda de Wilks (Λ) entre as variáveis originais e os pares canônicos ($W_k V_k$).....90

Tabela 3 – Correlação canônica entre as medidas biométricas e suas variáveis canônicas (V_1) e entre as características de rendimento de cortes e suas variáveis canônicas (W_1).
.....93

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO II

Figura 1 – Gráfico bidimensional das características de carcaça de ovinos da raça Morada Nova.57

CAPÍTULO III

Figura 01 – Gráfico bidimensional da análise discriminante canônica de T1, T2, T3, T4, T5 e T6 baseada em todas as variáveis.....74

Figura 02 – Gráfico bidimensional da análise discriminante canônica de T1, T2, T3, T4, T5 e T6 baseada em todas as variáveis do segundo conjunto de dados.79

TÉCNICAS ESTATÍSTICAS MULTIVARIADAS APLICADAS A CARACTERIZAÇÃO DE CARÇA DE OVINOS DA RAÇA MORADA NOVA

RESUMO GERAL

Objetivou-se avaliar a aplicação de algumas das principais técnicas de análise multivariada em um conjunto de variáveis referentes a características de carcaça de ovinos da raça Morada Nova, com o intuito de reduzir a dimensionalidade do espaço multivariado, estudar a associação entre grupo de variáveis e selecionar aquelas mais importantes e com maior poder discriminatório. Foram utilizadas informações de 48 ovinos da raça Morada Nova, com idade média de oito meses, compreendendo 25 características referentes a medidas de carcaça (profundidade torácica - PFT, perímetro torácico - PT, perímetro de perna - PP, perímetro de garupa - PG, comprimento externo da carcaça - CEC, comprimento interno da carcaça - CIC, comprimento da perna - CP, largura de garupa - LG, largura torácica - LT, índice de compacidade de carcaça - ICC, área de olho de lombo - AOL, peso corporal ao abate - PCA, peso de carcaça quente - PCQ, rendimento de carcaça quente - RCQ, peso de carcaça fria - PCF, rendimento de carcaça fria - RCF, perda por resfriamento - PR, peso corporal vazio - PCV, rendimento verdadeiro - RV, rendimento de pescoço - RPes, rendimento de paleta - RPal, rendimento de serrote - RSer, rendimento de lombo - RLom, rendimento de costilhar - RCostil e rendimento de perna - RPer). No capítulo II, 19 variáveis foram submetidas a análise de componentes principais (PFT, PT, PP, PG, CEC, CIC, CP, LG, LT, ICC, AOL, PCA, PCQ, RCQ, PCF, RCF, PR, PCV, RV), a fim de reduzir a dimensionalidade do conjunto de dados. Os componentes principais gerados foram eficientes em reduzir a variação total acumulada em 19 variáveis originais correlacionadas para cinco combinações lineares (CP_k), os quais explicaram 80% da variação total contida nas variáveis originais. Os dois primeiros componentes principais juntos explicam 56,12% da variação total das variáveis avaliadas. As características com maiores coeficientes de ponderação, em valor absoluto, no primeiro componente foram PCF (0,37), seguida de PCQ (0,36), PCV e ICC (0,34), caracterizando CP_1 como um índice para a determinação da conformação da carcaça do animal. No segundo componente, as variáveis CP, LG e PG (0,39) foram aquelas com os maiores coeficientes de ponderação e que indicam que CP_2 pode ser considerado um índice das medidas biométricas. As variáveis selecionadas seguindo o critério de escolha daquela que possui o mais alto coeficiente de ponderação em cada um dos cinco componentes foram PCF (0,37), PG, CP e LG (0,39), RCF (-0,48), LT (0,50) e PP (0,81) e, portanto, recomenda-se o uso destas características em experimentos futuros. No capítulo III, 19 variáveis foram submetidas à análise discriminante canônica (PFT, PT, PP, PG, CEC, CIC, CP, LG, LT, ICC, AOL, PCA, PCQ, RCQ, PCF, RCF, PR, PCV, RV), a fim de identificar aquelas com o maior poder de discriminação entre os tratamentos T1 - Fração volumosa composta de palma forrageira associada ao feno de capim Tifton

85 e fração concentrada composta por milho em grão, farelo de soja, ureia e mistura mineral; T2 - Fração volumosa composta de palma forrageira associada ao feno de Maniçoba e fração concentrada composta por milho em grão, farelo de soja, ureia e mistura mineral; T3 - Feno moído de capim Tifton 85 e 20% de concentrado (composto por milho moído, farelo de soja e óleo vegetal); T4 - Feno moído de capim Tifton 85 e 40% de concentrado; T5 - Feno moído de capim Tifton 85 e 60% de concentrado; T6 - Feno moído de capim Tifton 85 e 80% de concentrado; e também quantificar a associação entre as variáveis. Oito variáveis foram selecionadas pelo método *stepwise*: PG, LG, LT, CEC, CP, PCA, PCV e PR. As três primeiras variáveis canônicas foram significativas, explicando 92,25 % da variação total. A primeira variável canônica apresentou o coeficiente de correlação canônica de 0,94, o que indica uma alta associação entre as características de medidas biométricas e de desempenho animal. PCA e LG foram as variáveis selecionadas por apresentar o mais alto poder discriminatório dos tratamentos, com base nos coeficientes canônicos padronizados. No quarto e último capítulo, 15 variáveis foram submetidas à análise de correlação canônica (PFT, PT, PP, PG, CEC, CIC, CP, LG, LT, RPes, RPal, RSer, RLoM, RCostil, RPer), e para isso foram divididas em dois conjuntos (medidas biométricas (X) e rendimento de cortes (Y)), a fim de estimar as correlações canônicas entre os dois grupos de ($W_k V_k$), e avaliar o grau de associação entre eles. Apenas o primeiro par canônico foi significativo, com coeficiente de correlação canônica de 0,86, o que indica alta associação entre as características de medidas biométricas e de rendimento dos cortes cárneos. A proporção da variância compartilhada entre $W_1 V_1$, dada pelo coeficiente de correlação canônica ao quadrado (r^2), foi de 0,74, isto é, 74% da variação de W_1 é explicada pela variação de V_1 , o que indica a existência de uma alta associação entre os conjuntos de variáveis X e Y . Considerando os coeficientes canônicos padronizados, LG e CP foram as variáveis que mais contribuíram na formação de V_1 e RSer e RPal foram as variáveis que mais contribuíram na formação de W_1 . Utilizando o cálculo das correlações das variáveis canônicas com as variáveis originais para a interpretação das variáveis canônica, observou-se que LG e CP também foram as variáveis que mais contribuíram para a formação de V_1 , enquanto que RPal e RSer foram as variáveis mais importantes na formação de W_1 .

Palavras-chave: análise discriminante canônica, componentes principais, correlação canônica, ovinocultura.

MULTIVARIATE STATISTICAL TECHNIQUES APPLIED TO THE CHARACTERIZATION OF CARCASS OF MORADA NOVA SHEEP BREED

ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the application of some of the main techniques of multivariate analysis in a set of variables of carcass traits of Morada Nova sheep breed, in order to reduce the dimensionality of multivariate space, to study the association between group of variables and to select the most important ones and with greater discriminatory power. It was used a data of 48 Morada Nova sheep breed, with a mean age of 8 months, comprising 25 traits regarding carcass measurements (thorax depth - TD, thorax perimeter - TP, leg perimeter - LP, hind perimeter - HP, carcass external length - CEL, carcass internal length - CIL, leg length - LL, hind width - HW, thorax width - TW, index of carcass compactness - ICC, loin eye area - LEA, slaughter body weight - SBW, hot carcass weight - HCW, hot carcass yield - HCY, cold carcass weight - CCW, cold carcass yield - CCY, cooling loss - CL, empty body weight - EBW, true yield - TY, neck yield - NY, shoulder yield - SY, sawcut yield - SCY, loin yield - LY, ribs yield - RY, leg yield - LEY). In the chapter II, 19 variables were submitted to analysis of principal components (TD, TP, LP, HP, CEL, CIL, LL, HW, TW, ICC, LEA, SBW, HCW, HCY, CCW, CCY, CL, EBW, TY) in order to reduce the dimensionality of the data set. The principal components were efficient in reducing the total variation in 19 original variables correlated to five linear combinations (CP_k), which explained 80% of the total variation contained in the original variables. The first two principal components together explain 56.12% of the total variance of the variables evaluated. The traits with the highest weighting coefficients, in absolute value, in the first component were CCW (0.37), followed by HCW (0.36), ECW and ICC (0.34), characterizing CP_1 as an index for the determination of carcass conformation of the animal. In the second component, the variables LL, HW and HP (0.39) were those with the highest weighting coefficients and indicating that CP_2 can be considered an index of the biometric measurements. The variables selected according to the criterion of choice of the one with the highest weighting coefficient in each of the five components were CCW (0.37), HP, LL and HW (0.39), CCY (-0.48), TW (0.50) and LP (0.81), and therefore the use of these traits in future experiments is recommended. In the chapter III, 19 variables (TD, TP, LP, HP, CEL, CIL, LL, HW, TW, ICC, LEA, SBW, HCW, HCY, CCW, CCY, CL, EBW, TY) were submitted to the discriminant analysis to identify the variables with the great discriminatory power between the treatments T1 - forage cactus associated with hay Tifton 85, corn in grains, soybean meal, urea and mineral mix; T2 - forage cactus associated to hay Maniçoba, corn grain, soybean meal, urea and mineral mix; T3 - hay of Tifton 85 grass and 20% concentrate (composed of milled corn, soybean meal and vegetable oil); T4 - hay of Tifton 85 grass and 40% concentrate; T5 - hay of Tifton 85 grass and 60% concentrate; T6 - hay of Tifton 85 grass and 80% concentrate; and also to

quantify the association between the variables. Eight variables were selected by the stepwise method: HP, HW, TW, CEL, LL, SBW, EBW and CL. The first three canonical variables were significant, explaining 92.25% of the total variation. The first canonical variable has a canonical correlation coefficient of 0.94, which indicates a high association between the biometric measures and animal performance traits. SBW and HW were the variables selected because they presented the greatest discriminatory power of the treatments, based on standardized canonical coefficients. In the fourth and last chapter, 15 variables were submitted to canonical correlation analysis (TD, TP, LP, HP, CEL, CIL, LL, HW, TW, NY, SY, SCY, LY, RY, LEY) and were shared in two sets (biometric measurements (X) and cut yields (Y)), in order to estimate the canonical correlations between them (W_kV_k) and evaluate the degree of association between the two groups. Only the first canonical pair was significant with coefficient of 0.86, indicating a high association between the biometric measurements (X) and the meat cut yield traits (Y). The proportion of the shared variance between W_1V_1 , given by the canonical correlation coefficient squared (r^2), was 0.74. That is, 74% of the variation of W_1 is explained by the variation of V_1 , which indicates the existence of a high association between the sets of variables X and Y. Considering the standardized canonical coefficients, HW and LL were the variables that have the biggest contribution in the formation of V_1 and SCY and SY were the variables that have the biggest contribution in the formation of W_1 . Based on correlation between canonical variable and the original ones for the interpretation of canonical variables, the HW and LL most contributed to perform V_1 , whereas SY and SCY were the most important variables to perform W_1 .

Keywords: canonical correlation, canonical discriminant analysis, principal component, sheep production

CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Atualmente, os programas de melhoramento de ovinos de corte têm como meta obter animais capazes de direcionar grandes quantidades de nutrientes para a produção de músculos, uma vez que o acúmulo desse tecido é desejável e reflete a maior parte da porção comestível de uma carcaça (SANTOS & PÉREZ, 2000). Portanto, é possível afirmar que a carcaça de um animal é o resultado de um processo biológico individual sobre o qual interferem fatores genéticos, ecológicos e de manejo, diferindo entre si por suas características quantitativas e qualitativas, susceptíveis de identificação (OSÓRIO & OSÓRIO, 2001).

O estudo das carcaças é considerado como a avaliação dos parâmetros relacionados com as medidas objetivas e subjetivas da carcaça e que também está associado aos aspectos e atributos inerentes à porção comestível. Assim, conhecer e descrever tais características representam grande importância tanto para a produção de carcaças como para sua comercialização (PÉREZ & CARVALHO, 2002) por estarem diretamente relacionadas com o produto final.

A maioria das pesquisas que envolvem características de carcaça tem o objetivo de avaliar a influência de tratamentos – definidos, em muitos dos casos, como diferentes tipos de dieta – sobre determinadas amostras. Análises estatísticas são realizadas por características, tirando, posteriormente, conclusões conjuntas comuns a todas as características, sem levar em consideração o nível de significância conjunto. Segundo Sakaguti (1994), essa conduta despreza as correlações entre características.

Para a análise de um conjunto de dados biológicos, os resultados obtidos pela análise univariada podem estar incompletos ou ser considerados redundantes, pelo fato de não considerar, previamente, as correlações existentes entre as características estudadas. Desta feita, visando suprir essa falha, as técnicas estatísticas de análise multivariada tornam-se uma ferramenta para analisar, de forma global, as direções das variáveis. Esse tipo de análise é apropriado para o uso em estudos de conjuntos de variáveis que contém intercorrelações, uma vez que as variáveis são inseridas na análise simultaneamente e com isso é possível obter interpretações que não seriam possíveis com o uso das técnicas estatísticas univariadas.

No entanto, Abreu (1997) reforça que nem sempre um experimento planejado para ser avaliado por métodos estatísticos univariados poderá ser analisado por meio de técnicas multivariadas, por existirem limitações e pressuposições que precisam ser

respeitadas. Logo, a escolha da técnica multivariada a ser utilizada na avaliação de um conjunto de variáveis dependerá, essencialmente, do fenômeno estudado.

Com a maior disponibilidade de recursos computacionais e desenvolvimento de softwares estatísticos, o número de estudos envolvendo a análise multivariada tem sido crescente. Assim, este trabalho teve por objetivo avaliar a aplicação de algumas das principais técnicas de análise multivariada em um conjunto de variáveis referentes a características de carcaça de ovinos da raça Morada Nova a fim de reduzir a dimensionalidade do espaço multivariado, estudar a associação entre grupo de variáveis e selecionar aquelas variáveis mais importantes e com maior poder discriminatório.

CAPÍTULO I

Referencial Teórico

TÉCNICAS ESTATÍSTICAS MULTIVARIADAS APLICADAS A CARACTERIZAÇÃO DE CARÇA DE OVINOS DA RAÇA MORADA NOVA

1. AVALIAÇÃO DA CARÇA DE OVINOS

Ao longo de décadas, a produção de caprinos e ovinos foi considerada uma atividade marginal ou de subsistência na região Nordeste do Brasil, normalmente com baixa produtividade e realizada por produtores desprovidos de capital financeiro e de recursos tecnológicos. Atualmente, a produção destes pequenos ruminantes vem sofrendo grandes modificações nos diversos elos de suas cadeias produtivas, caracterizando-se como uma atividade de grande importância cultural, social e econômica para a região, desempenhando papel fundamental no desenvolvimento do Nordeste (COSTA et al., 2008).

De acordo com os últimos registros do IBGE, no ano de 2015, o rebanho brasileiro de ovinos era da ordem de 18,4 milhões de animais, sendo a região Nordeste detentora de 60,6% da população ovina do país. A região Sul figura em seguida, representando 26,5% do efetivo da espécie, acompanhada pelas regiões Centro-Oeste (5,6%), Sudeste (3,8%) e Norte (3,6%).

A criação destes pequenos ruminantes é desenvolvida, principalmente, em sistema extensivo. Grande parte das criações ainda pertence a pequenos produtores que, normalmente, contam com pouca tecnologia e baixo investimento em infraestrutura, inviabilizando o controle de desempenho a partir da pesagem periódica dos animais (YÁÑEZ et al., 2004). Assim, muitos realizam as mensurações no animal vivo, a fim de prever características quantitativas da carcaça, rendimento, conformação e proporção de cortes.

Silva et al. (2008) ressaltaram a importância das características quantitativas e qualitativas para a caracterização da carcaça, pois estão diretamente relacionadas ao produto final, a carne. O estudo de carcaça consiste na avaliação de parâmetros relacionados com medidas objetivas e subjetivas e deve estar ligado aos aspectos e atributos inerentes à porção comestível (SANTOS & PEREZ, 2000).

Zapata et al. (2001) afirmaram que a avaliação da carcaça compreende a análise subjetiva da conformação e das medições lineares objetivas e tem como base a composição regional ou anatômica, cortes comerciais e a composição tecidual ou histológica da carcaça. Dessa maneira, o estudo morfológico consiste nas medidas de comprimento da carcaça, perímetro da garupa, largura da garupa, profundidade do peito e comprimento da perna. A composição regional da carcaça baseia-se em seu

desmembramento em peças, o que permite melhor comercialização. Já a composição tecidual fundamenta-se na quantidade de tecido muscular, adiposo e ósseo existente na carcaça (OLIVEIRA et al., 1998; SILVA et al., 2008).

Os cortes comerciais envolvem a perna, lombo, paleta, serrote, costelas e pescoço. Esses podem ser agrupados de acordo com as regiões anatômicas: cortes de primeira, que compreendem a perna e o lombo; de segunda, a paleta; e de terceira, as costelas e pescoço (YAMAMOTO et al., 2004). O tipo de corte varia de acordo com a região do país na qual o animal é comercializado e também está associado aos hábitos alimentares da população (OLIVEIRA et al., 2002). A busca dos consumidores por produtos mais saudáveis, cria um novo desafio aos sistemas de produção de carne que é a obtenção de carcaças com menor porcentagem de gordura, mas com peso e idade de abate ideais (SILVA et al., 2008).

De acordo com Williams (2002), a composição das carcaças pode ser estimada por meio da mensuração da área de olho de lombo (AOL) e da espessura da gordura subcutânea (EGS), tomadas na altura da inserção da 12^a e 13^a costelas, que apresentam correlação alta e positiva com a distribuição de músculos e com o teor de gordura na carcaça, respectivamente. Essas estimativas obtidas por ultrassonografia têm apresentado alta repetibilidade e também altas correlações simples com as medidas tomadas na carcaça após o abate dos animais. A avaliação da AOL e da EGS juntamente com outras características medidas no animal *in vivo*, tais como o peso vivo e altura da cernelha, podem auxiliar na estimação da composição corporal dos animais e, conseqüentemente, estimar o rendimento de carcaça ao abate (ROUSE et al., 2000).

Segundo Barbosa et al. (2005a), em muitas situações, os pesquisadores tendem a avaliar maior número de características, gerando acréscimo considerável de trabalho. Quando o número de características se torna elevado, é possível que parte dessas contribuam pouco ou nada na discriminação dos indivíduos avaliados, representando, conseqüentemente, aumento no trabalho de caracterização, sem melhoria na precisão, e tornando mais complexa a análise e interpretação dos dados por meio da análise univariada (LIBERATO et al., 1999). Assim, aquelas características redundantes e de difícil mensuração poderiam ser descartadas, o que reduziria o desgaste do pesquisador, o tempo e os custos com experimentos.

As técnicas multivariadas têm dado grande contribuição nesse campo e o descarte das variáveis pode ser feito com auxílio da análise de componentes principais, que têm

como principal função resumir a informação contida no complexo de variáveis originais, possibilitando eliminar as informações redundantes, em decorrência da correlação entre estas variáveis (BARBOSA et al., 2005a). Dessa forma, identificar e quantificar a associação entre as características morfométricas, de rendimento de carcaça e de qualidade da carne é de fundamental importância para promover uma otimização nos experimentos e definir quais as características que realmente interessam, bem como promover seleção mais eficiente, de forma a atender os objetivos do melhoramento genético animal.

2. ANÁLISE MULTIVARIADA DE DADOS

O desenvolvimento da estatística clássica baseia-se na análise de uma única variável, de forma isolada e, a partir do resultado, realizar inferências acerca do fenômeno estudado. Contudo, a maioria dos fenômenos existentes dependem de mais de uma variável de modo que a análise univariada torna-se ineficaz por não considerar as relações e efeitos entre as variáveis. Assim, surgiu a necessidade de desenvolver uma metodologia estatística que utilizasse simultaneamente todas as variáveis para a interpretação teórica do conjunto de dados obtidos.

Uma das alternativas para lidar com a complexidade que pode existir em relação ao número de variáveis observadas é a utilização de técnicas estatísticas multivariadas para a análise e estudo simultâneo de um conjunto de dados. O método é escolhido de acordo com os objetivos da pesquisa, pois, as técnicas multivariadas consistem de análises exploratórias para a sintetização de dados e construção de hipóteses, e não para confirmações a respeito dos dados (HAIR et al., 2009).

As primeiras ideias sobre análise de dados multivariados foram desenvolvidas em estudos evolutivos e tiveram início com Francis Galton em 1886 e, anos mais tarde, Pearson, seu aluno e principal seguidor, deu seguimento a este e a outros assuntos relacionados. Em seguida, outros pesquisadores continuaram a desenvolver pesquisas com a análise multivariada, tais como Fisher em 1928, Hotelling em 1931, Wilks em 1932 e Bartlett em 1937. Contudo, as técnicas multivariadas só passaram a ser aplicadas com

maior frequência nas últimas décadas, em função do avanço da informática e com a disposição de inúmeros programas estatísticos adequados a esta metodologia.

Hair et al. (2009) afirmaram que, apesar desse avanço na análise multivariada, ainda existe uma certa dificuldade ao se definir este tipo de análise e a possível causa seria o uso inconsistente do termo “multivariada” na literatura. Alguns pesquisadores utilizam o termo “multivariada” ao examinar a relação entre uma ou mais de duas variáveis. Outros utilizam o termo para problemas onde assume-se que todas as variáveis múltiplas possuam uma distribuição normal multivariada. Contudo, para uma análise ser considerada verdadeiramente multivariada, assume-se que todas as variáveis devem ser aleatórias e inter-relacionadas de tal forma que seus diferentes efeitos não podem, de modo significativo, ser interpretados separadamente. Ainda, alguns autores afirmam que o propósito da análise multivariada é medir, explicar e prever o grau de relacionamento entre variáveis (combinações lineares das variáveis) (HAIR et al., 2009). De modo geral, é preciso compreender que a análise multivariada consiste em um grande número de métodos e técnicas que, simultaneamente, utilizam as informações de todas as variáveis dependentes na interpretação do conjunto de dados, considerando as correlações entre elas.

Diferentes técnicas multivariadas estão disponíveis para análise dos dados e, cada uma delas se adequa a diferentes objetivos e tipos de dados. Kendall (1980) as classificou em: técnicas de avaliação de interdependência, as quais envolve a análise de componentes principais, correlação canônica, análise de agrupamento, análise de fatores; e técnicas de avaliação da dependência, que são a regressão, relação funcional, múltipla contingência e análise discriminante. De modo comparativo, as técnicas de avaliação de interdependência fornecem um modelo estrutural mais complexo, que permite a formulação de hipóteses, bem como avaliação de significância (KENDALL, 1980).

Historicamente, grande parte das aplicações das técnicas multivariadas tem sido realizadas em estudos biológicos e comportamentais. Contudo, o interesse nesta metodologia tem aumentado consideravelmente, passando a englobar outras áreas de investigação. Dentro da Zootecnia, por exemplo, as técnicas multivariadas têm contribuído significativamente em estudos reprodutivos, de conservação de recursos genéticos, melhoramento genético animal bem como de conformação corporal e desempenho animal para as diversas espécies de interesse econômico.

2.1 ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS

A análise de componentes principais é, provavelmente, a técnica estatística multivariada mais popular. Foi introduzida por Pearson em 1901 e, posteriormente, desenvolvida e formalizada por Hotelling (1933), que também foi quem atribuiu o termo “componente principal” a esta técnica. É uma técnica multivariada que analisa um conjunto de dados representando as observações descritas por variáveis dependentes, onde, em geral, são inter-correlacionadas. O objetivo é extrair informações importantes do banco de dados e expressar essas informações em um novo conjunto de variáveis ortogonais, denominadas componentes principais (ABDI & WILLIAMS, 2010).

Souza (2000) afirma que para a determinação dos componentes principais, torna-se necessário calcular a matriz de covariância (no caso de variáveis que apresentem distribuição normal) ou a matriz de correlação, que deve apresentar coeficientes de correlação não nulos como também deve ser utilizada quando há necessidade de realizar padronização a fim de retirar o efeito de escala das variáveis, com valor de média igual a zero e variância igual a um.

A escala das variáveis influencia na análise de componentes principais, sendo os coeficientes destes componentes altamente dependentes das unidades de medidas associadas com cada variável (MARDIA et al. 1997). É aconselhado que as variáveis estudadas possuam a mesma unidade e dimensões não muito discrepantes, isto é, com variância com ordens de magnitude semelhantes. Como na maioria das vezes isto não ocorre, recomenda-se utilizar as variáveis reduzidas, ou seja, variáveis padronizadas com média igual a zero e variância igual a unidade – ou variáveis padronizadas apenas com variância igual a unidade). Isso implica que a matriz de covariância é transformada em uma matriz de correlações antes que a análise de componentes principais seja conduzida. Caso contrário, a variável com maior variância possuirá maior peso na estimação dos componentes, sendo essa maior representatividade em função da unidade de medida e não da estrutura básica das observações. Assim, as combinações lineares das variáveis originais poderiam ter pouco significado ou conduzir a uma interpretação errônea. A padronização das variáveis assegura que todas elas possuam, inicialmente, igual peso na análise (MANLY, 2008).

O método de análise de componentes principais consiste particularmente na combinação linear de p variáveis aleatórias X_1, X_2, \dots, X_p . Geometricamente, essas combinações lineares representam a seleção de um novo sistema de coordenadas obtidos pela rotação do sistema original com X_1, X_2, \dots, X_p como o eixo das coordenadas. O novo eixo representa a direção com a máxima variabilidade e fornece a melhor e mais simples descrição parcimoniosa da estrutura de covariância (JOHNSON & WICHERN, 2007).

Ainda segundo esses autores, os componentes principais dependem da matriz de variância-covariância (Σ) ou da matriz de correlação (ρ) de X_1, X_2, \dots, X_p . Assim, O vetor $X' = [X_1, X_2, \dots, X_p]$ tem a matriz de covariância Σ com autovalores $\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \dots \geq \lambda_p \geq 0$.

Consideremos as seguintes combinações lineares:

$$\begin{aligned} Y_1 &= a'_1 X = a_{11}X_1 + a_{12}X_2 + \dots + a_{1p}X_p \\ Y_2 &= a'_2 X = a_{21}X_1 + a_{22}X_2 + \dots + a_{2p}X_p \\ &\dots \\ Y_p &= a'_p X = a_{p1}X_1 + a_{p2}X_2 + \dots + a_{pp}X_p \end{aligned}$$

Ou

$$Y = \begin{matrix} \begin{bmatrix} Y_1 \\ Y_2 \\ \vdots \\ Y_p \end{bmatrix} \\ (q \times 1) \end{matrix} = \begin{matrix} \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1p} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2p} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{q1} & a_{q2} & \dots & a_{qp} \end{bmatrix} \\ (q \times p) \end{matrix} \begin{matrix} \begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \\ \vdots \\ X_p \end{bmatrix} \\ (p \times 1) \end{matrix} = AX$$

Assim, a combinação linear $Y=AX$ tem:

$$\begin{aligned} \mu_Y &= E(Y) = E(AX) = A\mu_X \\ \Sigma_Y &= Cov(Y) = Cov(AX) = A\Sigma_X A' \end{aligned}$$

Onde μ_X e Σ_X são o vetor da média e a matriz de variância-covariância de X , respectivamente.

Após a combinação, podemos obter:

$$Var(Y_i) = a'_i \Sigma a_i$$

$$Cov(Y_i, Y_k) = a_i' \Sigma a_k$$

Sendo:

i = autovetores, com $i = 1, 2, \dots, p$;

k = componentes principais, com $k = 1, 2, \dots, p$.

Os componentes principais são combinações lineares não-correlacionadas Y_1, Y_2, \dots, Y_p , isto é, a soma ponderada das variáveis originais (JOHNSON & WICHERN, 2007).

O primeiro componente principal é a combinação linear que retém a máxima variância. Espera-se que a maioria das variâncias obtidas seja baixa, a ponto de serem desprezíveis (MANLY, 2008). O descarte de componentes com variâncias baixas não implica em descarte de variáveis que representam características, mas proporciona um rearranjo das variáveis a fim de verificar quais delas apresentam maior influência na variabilidade dos dados.

Segundo Peres-Neto et al. (2005), determinar o número de componentes principais importantes continua sendo um dos maiores desafios para a interpretação significativa de dados multivariados. As consequências desta escolha são importantes considerando que se o número de eixos não for corretamente estimado, pode haver superestimação ou perda de informação (supra estimacão) na análise (DRAY, 2008).

Diversos métodos para estimar a dimensionalidade do conjunto de dados (ou seja, dos eixos) têm sido propostos e avaliados na literatura (FERRÉ, 1995; PERES-NETO et al., 2005) e três desses métodos são comumente utilizados. O primeiro deles baseia-se na proporção cumulativa da variância total. Este é também o principal critério utilizado e pode ser adotado se a matriz de covariância ou de correlação for utilizada na análise de componentes principais. Uma porcentagem mínima adequada da variância total que pretendia ser explicada pela análise de componentes principais é pré especificada e o menor número de componentes principais que satisfaz este critério é selecionado. Usualmente a porcentagem pré especificada é de 90%.

O segundo método é o uso da matriz de correlação baseado no tamanho (magnitude) das variâncias dos componentes principais, ou seja, o uso dos autovalores da matriz de correlação. Este método foi sugerido por Kaiser (1960) e considera que se as variáveis originais são todas não-correlacionadas então o ajuste dos componentes principais é o mesmo que o das variáveis originais. No caso da matriz de correlação, todas

as variáveis padronizadas possuem variância igual a um. Dessa forma, qualquer componente principal, cuja variação (autovalor) é menor que 1,00 (um), não deve ser selecionado, uma vez que se presume que contém substancialmente menos informação do que as variáveis originais já padronizadas.

O terceiro método consiste em uma abordagem gráfica, proposta por Cattell (1966), e usualmente denominado diagrama *Scree*. Como no primeiro método, é aplicável tanto a matriz de correlação como a de covariância. O diagrama *Scree* envolve desenhar a variância explicada por cada componente, em ordem decrescente, isto é, uma representação gráfica dos autovalores λ_k versus k componentes, sendo $k= 1, \dots, p$. Após o gráfico gerado, o número de componentes principais a ser selecionado é determinado em função do declive do gráfico: se busca um “ângulo” na curva que representa um ponto após o qual os autovalores remanescentes declinam de modo aproximadamente linear, e somente aqueles componentes situados acima do ângulo são considerados. É um método que possui uma interpretação bastante subjetiva e geralmente se é utilizado para complementar ou confirmar um outro critério (FERRÉ, 1995; PERES-NETO et al., 2005).

A análise de componentes principais serve como ferramenta útil para a identificação e compreensão dos padrões de associação entre as variáveis. Este tipo de análise tem sido utilizada para explicação das relações estruturais entre medidas morfométricas de animais, componentes de carcaça e características de desempenho e também no descarte de variáveis, sendo as variâncias da maioria dos componentes baixas, tornando-as passíveis de descarte (KHATTREE & NAIK, 2000).

Ribeiro et al. (2016) caracterizaram o perfil lipídico dos depósitos de gordura interna de ovelhas Santa Inês e determinaram as variáveis com melhor poder explanatório por meio da técnica de componentes principais. Foram utilizadas informações de 42 ovelhas fêmeas, abatidas com o peso aproximado de 30 kg e idade média de 7 a 8 anos. Os quatro primeiros componentes principais explicaram cerca de 68,03% da variação total. Das 45 variáveis, 12 foram as mais relevantes nos quatro primeiros componentes, representando uma significativa redução do espaço amostral, uma vez que 75% das variáveis exerceram pouca contribuição na variação total.

Leite et al. (2009) utilizaram a técnica de componentes principais na avaliação de dados de 288 codornas de corte. Os autores verificaram que os quatro primeiros componentes principais explicaram 75% da variação total e que dos 11 componentes

principais gerados, sete deles apresentaram variância menor do que 0,7, isto é, autovalor inferior a 0,7, e foram descartados de acordo com o critério de Jolliffe. Assim, os autores concluíram que, para estudos futuros com codornas de corte, as variáveis peso vivo, teor de matéria seca da carcaça, proteína bruta e gordura abdominal deveriam ser mantidas nas análises.

Barbosa et al. (2005b) trabalharam com um conjunto de dados contendo 435 observações de fêmeas suínas, de primeiro e segundo parto, e analisaram a redução da dimensionalidade do espaço multivariado de características de desempenho animal por meio da análise de componentes principais. Os três primeiros componentes principais explicaram 67,9% da variação total. Seis componentes apresentaram variância inferior a 0,7, o que sugere o descarte de seis variáveis (54,4% das características avaliadas) classificadas em ordem de menor importância para explicar a variação total: ganho de peso médio diário, peso aos 63 dias de idade, peso aos 42 dias de idade, tamanho da leitegada na desmama, peso aos 21 dias de idade e peso ao nascer. Ainda, os autores observaram que estas variáveis que foram descartadas apresentaram correlação linear simples significativa com as demais, ou seja, foram redundantes. Dessa forma, os autores sugeriram a permanência das variáveis pH aos 45 minutos e 24 horas *post-mortem*, luminosidade, índice de vermelho, gordura intramuscular e perda de peso por cozimento em estudos futuros.

Barbosa et al. (2006), por sua vez, trabalhando com dados de uma população F2 de suínos, analisaram a redução da dimensionalidade do espaço multivariado de características de qualidade da carne suína por meio de componentes principais. Os três primeiros componentes principais explicaram 60,65% da variação total, demonstrando que a técnica de componente principal foi eficiente para resumir o julgamento das características de qualidade da carne. Dos dez componentes gerados, quatro deles apresentaram variância inferior a 0,7, o que sugere quatro variáveis para descarte (40% das características avaliadas). Os autores observaram que as variáveis descartadas foram mesmo redundantes pois apresentaram correlação linear simples significativa com as demais. Dessa forma, para estudos futuros manteve-se as variáveis pH aos 45 minutos e 24 horas *post-mortem*, luminosidade, índice de vermelho, gordura intramuscular e perda de peso por cozimento.

Muniz et al. (2014) utilizaram 1.663 observações de peso ao nascimento, peso a desmama ajustado para 230 dias, peso ao ano ajustado para 365 dias, peso ao sobreano

ajustado para 550 dias de idade e ganho médio diário do nascimento à desmama, ganho médio diário da desmama a um ano de idade e ganho médio diário dos 365 dias aos 550 dias de idade de um rebanho de animais cruzados F1, e um segundo arquivo contendo 320 observações das mesmas características de animais puros da raça Nelore, com o objetivo de estudar as inter-relações entre pesos e ganhos médios diários utilizando a análise de componentes principais. Para os pesos, o primeiro componente principal contrastou animais mais pesados com animais mais leves após o nascimento, e explicou 79,0% e 78,0% da variação total para os arquivos contendo animais F1 e puros Nelore, respectivamente. Os autores observaram que a maior fonte de variação entre animais foi devida às diferenças em peso, seguida por diferenças nas idades nas quais os animais atingiram maiores pesos.

2.2 ANÁLISE DE CORRELAÇÃO CANÔNICA

A análise de correlação canônica é uma técnica estatística utilizada para identificar e avaliar o grau de associação entre dois conjuntos de variáveis aleatórias (X e Y) usando uma função específica da matriz de variância-covariância dessas variáveis (KHATTREE & NAIK, 2000). Hotelling (1935) afirma que as relações existentes entre os vetores X e Y sejam estudadas por meio da análise das combinações lineares destes vetores, construídas de modo a estarem fortemente correlacionadas entre si. Essas combinações lineares são novas variáveis denominadas de variáveis canônicas. Em cada estágio do procedimento, duas combinações lineares são construídas, sendo uma relativa às variáveis do vetor X e outra relativa às variáveis que estão no vetor Y , sendo construído, portanto, uma variável canônica ($W_k V_k$) e correlação entre as combinações lineares é chamada de correlação canônica.

A princípio, é preciso determinar o par de combinações lineares com a maior correlação. Em seguida, determina-se o segundo par de maior correlação e que seja, ainda, não correlacionado com aquele par previamente selecionado. Esse processo se estende até que ambos os grupos ou o menor grupo tenha esgotado suas dimensões. Os pares formados pelas combinações lineares são denominados de variáveis canônicas e suas correlações são chamadas de correlações canônicas. A ideia fundamental é a de encontrar

relações entre dois conjuntos de variáveis, em alta dimensão, em poucos pares de variáveis canônicas (JOHNSON & WICHERN, 2007).

De acordo com Khattree & Naik (2000) e Johnson & Wichern (2007), usualmente, as matrizes Σ_{xx} , Σ_{yy} e Σ_{xy} não são conhecidas e precisam ser estimados a partir de uma amostra aleatória. Neste caso, as correlações canônicas populacionais serão estimadas por correlações canônicas amostrais. Matematicamente, as correlações canônicas amostrais e variáveis canônicas são obtidas essencialmente do mesmo modo da populacional, exceto que as matrizes Σ_{xx} , Σ_{yy} e Σ_{xy} são substituídas por suas homólogas amostrais S_{xx} , S_{yy} e S_{xy} , obtidas pela matriz de variância-covariância amostral.

Se $\begin{bmatrix} x_1 \\ y_1 \end{bmatrix}, \dots, \begin{bmatrix} x_n \\ y_n \end{bmatrix}$ é uma amostra de tamanho n de uma dimensão populacional $(p + q)$ com média $\mu = \begin{bmatrix} \mu_x \\ \mu_y \end{bmatrix}$ e matriz de variância-covariância $\Sigma = \begin{bmatrix} \Sigma_{xx} & \Sigma_{xy} \\ \Sigma_{yx} & \Sigma_{yy} \end{bmatrix}$, e então substituímos Σ por $S = \begin{bmatrix} S_{xx} & S_{xy} \\ S_{yx} & S_{yy} \end{bmatrix}$, onde:

$$S_{xx} = \frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^n (x_j - \bar{x})(x_j - \bar{x})'$$

$$S_{yy} = \frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^n (y_j - \bar{y})(y_j - \bar{y})'$$

$$S_{xy} = S'_{yx} = \frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^n (x_j - \bar{x})(y_j - \bar{y})'$$

O i -ésimo par de variáveis canônicas amostrais (\hat{v}_i, \hat{w}_i) $\hat{v}_i = \hat{a}'_i x$, $\hat{w}_i = \hat{b}'_i y$ maximizará a correlação amostral:

$$r_{\hat{v}_i, \hat{w}_i} = \frac{a'_i S_{xy} b_i}{\sqrt{a'_i S_{xx} a_i b'_i S_{yy} b_i}}$$

Sujeito a condição de que ambos v_i e w_i são não correlacionados com prévios $(i - 1)$ pares de variáveis canônicas. Computacionalmente, a correlação canônica amostral $r_1 \geq r_2 \geq \dots \geq r_p$ são obtidas por meio de raiz quadrada positiva de autovalores

diferentes de zero de $S_{yx}S_{xx}^{-1}S_{xy}S_{yy}^{-1}$. Os vetores \hat{a}_i e \hat{b}_i correspondem ao i-ésimo par de variáveis canônicas obtidas como soluções de:

$$S_{yy}^{-1}S_{yx}S_{xx}^{-1}S_{xy}b_i = r_i^2 b_i$$

$$S_{xx}^{-1}S_{xy}S_{yy}^{-1}S_{yx}a_i = r_i^2 a_i.$$

Uma importante avaliação da qualidade do potencial das variáveis canônicas é medir o poder de resumo da variabilidade contida no respectivo conjunto. Para este fim, duas formas básicas são descritas: a primeira, apresenta-se uma matriz de erro da aproximação; na segunda, calcula-se a proporção da variância explicada pelas variáveis canônicas para cada grupo de variáveis.

Alguns estudos envolvendo estudo de correlações canônicas foram realizados na área de Zootecnia. Traoré et al. (2008) utilizaram sete medidas corporais e quatro características morfológicas qualitativas de 6.440 ovelhas de diferentes regiões do país. As variáveis canônicas 1 e 2 foram significativas e explicaram 90,9% e 9,1% da variação total, respectivamente. Pela análise de correlação canônica foi possível demonstrar que a variação morfológica foi significativa para as ovelhas do território de Burkina Faso, principalmente devido à existência de duas populações principais (Djallonké e Burkina-Sahel) com origens genéticas provavelmente diferentes.

Keskin & Dag (2009) investigaram a associação entre as características produção de leite e de lã de ovinos da raça Awassi utilizando a análise de correlação canônica. Para a primeira variável canônica o coeficiente de correlação canônica foi de 44,73% e para a segunda variável canônica, 32,03%. Os autores concluíram que os baixos valores dos coeficientes de correlação canônica podem se justificar pelo fato de que o uso de características de produção de lã não é o melhor método para a estimação indireta de características de produção de leite.

Carneiro et al. (2010) utilizaram três diferentes técnicas multivariadas (componentes principais, análise discriminante e correlação canônica) para estudar a diferenciação entre raças ovinas naturalizadas no Brasil, Uruguai e Colômbia por meio de descritores morfológicos e também compará-las com raças comerciais.

Zurita-Herrera et al. (2011) avaliaram dados de crescimento, qualidade de carne e de carcaça de caprinos Murciano-Granadina jovens por meio da análise multivariada, utilizando técnicas de correlação canônica, análise discriminante e de agrupamento. As

análises de correlação canônica e de agrupamento permitiram distinguir os produtos da carne caprina de acordo com as suas diferentes origens, considerando todo o processo de produção e seus estágios (crescimento, qualidade de carcaça e qualidade de carne). Os autores obtiveram elevados coeficientes de correlações canônicas e também significativos entre as características de crescimento, características de qualidade de carcaça e qualidade de carne.

Barbosa et al. (2010) identificaram e quantificaram a associação entre os grupos de características de qualidade da carne, desempenho e carcaça de suínos, por meio da análise de correlação canônica. Para os grupos características de qualidade da carne e características de desempenho, os autores observaram independência, pois a correlação canônica do primeiro par canônico foi de apenas 23% e estatisticamente não-significativa. Observou-se que os grupos de características de qualidade da carne e características de carcaça não foram considerados independentes, visto que as correlações do primeiro, segundo e terceiro pares canônicos foram, respectivamente, de 41,38%, 34,81% e 33,46% e estatisticamente significativas, com $p < 0,01$. Os autores afirmaram que o conhecimento da natureza e da magnitude da associação entre os grupos de características permite promover a seleção de forma mais eficiente e assim melhor atender aos objetivos do melhoramento genético de suínos.

2.3 ANÁLISE DISCRIMINANTE

A análise discriminante é uma técnica da estatística multivariada utilizada para discriminar e classificar objetos. Segundo Hair et al. (2009), a proposta básica dessa análise é estimar a relação entre uma única variável dependente não métrica (categórica) e um conjunto de variáveis independentes métricas, o que em geral se configura desta forma:

$$\begin{matrix} Y_1 \\ \text{(não métrica)} \end{matrix} = \begin{matrix} X_1 + X_2 + X_3 + \dots + X_n \\ \text{(métrica)} \end{matrix}$$

Segundo Khattree & Naik (2000) é uma técnica da estatística multivariada que estuda a separação de objetos de uma população em duas ou mais classes. A

discriminação ou separação é a primeira etapa, considerada a parte exploratória da análise, e consiste em identificar características capazes de serem utilizadas para alocar objetos (por exemplo: indivíduos, empresa ou produtos) em diferentes grupos previamente definidos. A classificação ou alocação pode ser definida como um conjunto de regras que serão usadas para alocar novos objetos (JOHNSON & WICHERN, 2007). Contudo, a função que separa objetos pode também servir para alocar, e, o inverso, regras que alocam objetos podem ser usadas para separar. Normalmente, discriminação e classificação se sobrepõem na análise, e a distinção entre separação e alocação é confusa.

A análise discriminante envolve a derivação da combinação linear discriminante, que é a combinação linear de duas (ou mais) variáveis independentes que melhor se discriminam entre os objetos nos grupos definidos *a priori*. A discriminação é encontrada pelo cálculo dos pesos das combinações lineares de cada variável independente para maximizar as diferenças entre os grupos. A combinação linear discriminante também é denominada de função discriminante, derivada de uma equação semelhante à de regressão múltipla e possui a seguinte forma:

$$Z_{jk} = a + W_1X_{1k} + W_2X_{2k} + \dots + W_nX_{nk}$$

Onde:

Z_{jk} = Escore discriminante Z da função discriminante j para o objeto k ;

a = Intercepto;

W_i = peso discriminante para a variável independente i ;

X_{ik} = variável independente i para o objeto k .

A função discriminante tem a propriedade de minimizar as probabilidades de má classificação, quando as populações são normalmente distribuídas com média μ e variância Σ conhecidas. Tal como acontece com a combinação linear na regressão ou qualquer outra técnica multivariada vemos a pontuação discriminante para cada objeto ao longo da análise, que é a soma dos valores obtidos pela multiplicação de cada variável independente pelo seu peso discriminante. O que se torna único à análise discriminante é que mais de uma função discriminante pode estar presente, assim, cada objeto pode, possivelmente, ter mais de um escore discriminante.

A análise discriminante é uma técnica estatística adequada para testar a hipótese de que um grupo de médias de um conjunto de variáveis independentes para dois ou mais grupos, são iguais. A média do grupo é obtido pelo cálculo da média dos escores discriminantes para todos os indivíduos dentro de um grupo particular. Esta média do grupo é referida como centroide. Quando a análise envolve dois grupos, existem dois centroides; com três grupos, existem três centroides; e assim por diante (HAIR et al., 2009).

A análise discriminante produz uma nova variável, uma combinação linear das características originais, de tal modo que a variabilidade entre grupos é maior do que no interior do grupo. Considere, por exemplo, uma situação apresentada por Celessi et al. (2013), tendo $k = 2$ grupos e $q = 2$ variáveis denominadas de x e y . Num espaço bidimensional, a análise discriminante irá selecionar a melhor direção, definida por um vetor $v = (v_1, v_2)$, capaz de separar os grupos.

A função discriminante resultante, neste caso, torna-se:

$$f_{ij} = v_1x_{ij} + v_2y_{ij}$$

Sendo $i = 1, 2$ (grupos); $j = 1, 2$ (unidades em grupos). O Quadro 1, sugerido por Celessi et al. (2013), traz os resultados de uma função discriminante para que se possa melhor compreender.

Quadro 1. Resumo dos produtos de uma análise discriminante.

Grupo			
1		2	
x_{1j}	y_{1j}	x_{2j}	y_{2j}
x_{11}	y_{11}	x_{21}	y_{21}
x_{12}	y_{12}	x_{22}	y_{22}
Valores de f_j			
f_{11}		f_{21}	
f_{12}		f_{22}	
Centroide			
\bar{f}_1		\bar{f}_2	

É possível observar que, f_{11} , por exemplo, é o valor da função discriminante calculado no Grupo 1, no primeiro elemento:

$$f_{11} = v_1x_{11} + v_2y_{11}$$

f_{12} é calculado no Grupo 1 para o segundo elemento, e assim é feito para todos os outros, de forma sucessiva, isto é:

$$f_{12} = v_1x_{12} + v_2y_{12}$$

⋮

$$f_{22} = v_1x_{22} + v_2y_{22}$$

\bar{f}_1 e \bar{f}_2 são os centróides dos grupos, obtidos através das médias f_j dentro de cada grupo:

$$\bar{f}_1 = \frac{f_{11} + f_{12}}{2} \qquad \bar{f}_2 = \frac{f_{21} + f_{22}}{2}$$

Os centroides indicam o local mais típico de qualquer membro pertencente a um grupo particular, e quando feita uma comparação dos grupos de centroides, é possível visualizar o quão diferente os grupos são, em termos da função discriminante (HAIR et al., 2009).

O cálculo da função discriminante, pelo menos inicialmente, é reduzido a uma análise de variância. O objetivo, neste momento, é saber, de fato, se os vetores de média \bar{x} e \bar{y} são diferentes, efetivamente, ou se são apenas flutuações estatísticas.

Ainda, segundo Hair et al. (2009), o critério para a significância estatística de tal função discriminante é uma medida generalizada da distância entre os grupos centroides, que é calculada por meio da comparação das distribuições dos escores discriminantes para os grupos. Se a sobreposição nas distribuições for pequena, a função discriminante separa os grupos muito bem. Caso contrário, se a sobreposição for grande, a função é uma fraca discriminadora entre os grupos.

A função irá investigar de modo mais discriminante, verificando a distância entre os centroides:

$$D = \bar{f}_1 - \bar{f}_2$$

Essa diferença é expressa em termos de variabilidade. \bar{f} é o maior centróide, ou, a média de todas as observações.

O desvio entre os grupos pode ser definido por:

$$\sum_i^2 n(\bar{f}_i - \bar{f})^2$$

Sendo $n=2$. O desvio dentro dos grupos é definido por:

$$\sum_i^2 \sum_j^2 (f_{ij} - \bar{f}_i)^2$$

Estando essas duas condições aceitas e cumpridas, simultaneamente, tem-se a obtenção do critério de determinação, dado por:

$$\lambda = \frac{\sum_i^2 n(\bar{f}_i - \bar{f})^2}{\sum_i^2 \sum_j^2 (f_{ij} - \bar{f}_i)^2}$$

O desvio entre os grupos representa a parte da variabilidade explicada por discriminação, enquanto que o desvio dentro de grupos representa a parte da variabilidade que não é explicada pela discriminação.

Por meio de uma série de operações algébricas simples, o critério de discriminação pode ser escrito em termos matriciais por:

$$\lambda = \frac{v^t B v}{v^t W v}$$

em que W é a matriz de desvios dentro dos grupos, B é a matriz de desvio entre os grupos e v é o vetor de pesos $v = \begin{pmatrix} v_1 \\ v_2 \end{pmatrix}$.

A maximização de λ em relação aos elementos de v é obtida usando o cálculo diferencial. Uma vez formada a função discriminante, cada observação pode ser expressa em termos da nova função, como foi visto no Quadro 1.

Dentro da Zootecnia, a aplicabilidade da análise discriminante é bastante ampla. Yakubu et al. (2010) avaliaram a aplicabilidade de características morfológicas na distinção das raças caprinas Dwarf do Oeste Africano (WAD) e Red Sokoto (RS) utilizando análise univariada, canônica e discriminante. Dentre as 15 características morfométricas medidas, a variável mais discriminante entre as duas populações de cabra foi a altura da garupa, seguida por comprimento corporal, comprimento de chifre, comprimento de rosto, perímetro torácico, circunferência do pescoço e largura da cabeça. Ainda, a função discriminante obtida classificou 100% dos indivíduos da amostra, corretamente. Os autores afirmam que a análise discriminante pode ser utilizada como ferramenta de sucesso para separar as raças caprinas WAD e RS.

Dias et al. (2008) estudaram os perfis de ácidos graxos de duas raças bovinas Portuguesas (Mirandesa e Barrosa) em dois sistemas de produção de carne (tradicional e criação orgânica), durante o período de dois anos. Os autores submeteram os dados a análise de variância multivariada e a análise discriminante e observaram que o sistema de produção e raça tiveram efeito significativo sobre o conteúdo de ácidos graxos da carne crua. Além disso, os perfis de ácidos graxos podem ser usados como ferramenta eficaz para diferenciar os quatro grupos estudados, permitindo uma classificação correta de 100% mesmo com a ausência das informações de sexo, idade e estação do ano ao abate.

Yang et al. (2015) utilizaram nariz eletrônico baseado em sensores de óxido de metal para medir sabor caprino em amostras de leite de cabra. Para estudar as relações entre dados do nariz eletrônico, dados sensoriais e níveis de ácidos graxos livres (AGL), foram realizadas análise de regressão multivariada, de componentes principais e discriminante. Os dados de nariz eletrônico, combinados com análise de componentes principais e análise discriminante linear, foram úteis para discernir amostras de leite de cabra com diferentes intensidades de sabor. Além disso, a análise discriminante de Fisher e rede neural foram realizadas para avaliar a intensidade do sabor caprino e, as precisões de previsão foram 98,2 e 100,0%, respectivamente.

2.3.1 ANÁLISE DISCRIMINANTE CANÔNICA

A análise discriminante canônica é uma técnica de redução da dimensionalidade de dados semelhante à técnica de componentes principais e análise de correlação canônica. Contudo, esta técnica é uma especialidade da análise discriminante e é utilizada para a representação de várias populações em um subespaço de pequenas dimensões. Baseada em um grande número de características quantitativas que podem ser correlacionadas, este tipo de análise representa uma tentativa de obter um pequeno número de novas variáveis para descrever as diferenças entre várias populações. As novas variáveis são obtidas como combinações lineares das medidas originais e são nomeadas de variáveis canônicas (KHATTREE & NAIK, 2000).

Considerando $\prod 1, \dots, \prod g$, sendo g populações independentes com o vetor de média populacional μ_1, \dots, μ_g e como matriz de variância e covariância comum Σ . Para descrever qualquer diferença entre g populações, é preciso utilizar adequadamente as medidas em termos de diferenças dos vetores de média população individualmente μ_1, \dots, μ_g a partir da generalização do centro da gravidade $\bar{\mu} = \frac{1}{g} \sum_{i=1}^g \mu_i$. Logo, define-se a matriz Δ , nomeada como a verdadeira soma do quadrado entre populações e o produto cruzado, como a função de $\mu_1 - \bar{\mu}, \dots, \mu_g - \bar{\mu}$, como:

$$\Delta = \sum_{i=1}^g (\mu_i - \bar{\mu})(\mu_i - \bar{\mu})'$$

e compara com a matriz de variância e covariância comum Σ .

A população univariada terá média $a'\mu_i$ e a variância populacional de $a'\Sigma a$. Logo, é possível obter de g população multivariada $\prod 1, \dots, \prod g$ um outro conjunto de g população univariada, com as respectivas médias populacionais de $a'\mu_1, \dots, a'\mu_g$ e a variância populacional comum $a'\Sigma a$. A escolha do vetor a , u_1 , resultante da solução do problema de otimização produz a primeira variável canônica $v_1 = \mu_1'x$, que pode ser interpretada como o melhor discriminador linear de g populações. A segunda variável

canônica, v_2 , pode ser escolhida do mesmo modo mas está sujeita a uma restrição adicional que é a de não ser correlacionada com a primeira variável canônica. Os procedimentos se repetem até se obter a lista de $r = \min(p, g - 1)$ variáveis canônicas, não correlacionadas entre si. Usualmente, um número pequeno de variáveis canônicas pode descrever adequadamente as diferenças na população g . Para tanto, se é comum utilizar gráficos bi-dimensionais contendo v_1 e v_2 para ilustrar estas diferenças de forma clara e efetiva (KHATTREE & NAIK, 2000).

Estudos utilizando a análise discriminante canônica como ferramenta foram realizados em diversas áreas da Zootecnia. Legaz et al. (2011) utilizaram essa técnica estatística para analisar 17 características morfométricas de 341 ovinos adultos da raça Assaf, em duas diferentes regiões da Espanha (Churra e Manchega). Os autores observaram que existem pequenas diferenças entre as medidas morfométricas dos animais nas duas regiões do país, que pode ser considerado como indicador para a homogeneidade da raça na Espanha. Características como tamanho da orelha e da cauda, usualmente importantes para a caracterização de raças, apresentaram associação insignificante com outras características morfométricas.

Ogah (2013) estudou o peso vivo, comprimento corporal, circunferência do peito, comprimento do metatarso, comprimento da coxa, comprimento do osso esterno, comprimento da asa e largura corporal de três genótipos de galinhas Indianas. O autor observou que as galinhas frizzled tiveram o maior peso corporal e também o maior comprimento do osso esterno (quilha) quando comparada as demais. As galinhas pescoço pelado foram as que apresentaram os menores resultados para todas as características observadas. Duas funções discriminantes foram extraídas e capazes de explicar 100% da variação total dos dados. O peso corporal, comprimento da coxa e largura corporal foram as características com o maior poder discriminatório entre todas as variáveis.

Veloso et al. (2016) verificaram a divergência genética entre três genótipos de frangos de corte, de ambos os sexos, utilizando o desempenho e as características de carcaça por meio da análise discriminante canônica. Utilizaram-se 990 pintos de um dia, sexados, dos seguintes grupos genéticos: Cobb 500, Hubbard Flex, e Ross 308. Avaliaram-se as seguintes variáveis: ganho em peso médio diário, consumo de ração médio diário, conversão alimentar, peso corporal, peso e rendimento do peito e da carcaça, nos períodos: 1 a 35 dias e 1 a 42 dias de idade. As duas primeiras variáveis canônicas explicaram 88,10% da variação entre os grupos genéticos. A divergência

genética entre os grupos genéticos avaliados permitiu a formação de dois grupos com os seguintes genótipos: grupo 1 - Fêmeas Cobb 500, Hubbard Flex e Ross 308; e grupo 2 - Machos Cobb 500, Hubbard Flex e Ross 308.

3. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDI, H.; WILLIAMS, L.J. Principal component analysis. **WIREs Comp Stat**, v.2 p.433-459, 2010.

ABREU, V.M.N. **Estudo da capacidade de combinação de linhagens de matrizes de frango de corte, utilizando técnicas uni e multivariada**. Viçosa, MG: UFV, 1997, 112p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento) - Universidade Federal de Viçosa, 1997.

BARBOSA, L.T. et al. Associação entre qualidade da carne e características quantitativas de suínos por meio de correlação canônica. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.11, n.4, p.1150-1162, 2010.

BARBOSA, L.T. et al. Avaliação de Características de Carcaça de Suínos Utilizando-se Análise dos Componentes Principais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.6, p. 2009-2217, 2005a.

BARBOSA, L.T. et al. Avaliação de características de qualidade da carne de suínos por meio de componentes principais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, n. 4, supl. p.1639-1645, 2006.

BARBOSA, L.T. et al. Seleção de variáveis de desempenho de suínos por meio da análise de componentes principais. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.57, n.6, p. 805-810, 2005b.

CARNEIRO, H. et al. Morphological characterization of sheep breeds in Brazil, Uruguay and Colombia. **Small Ruminant Research**, v. 94, p.58-65, 2010.

CATTELL, R.B. The scree test for the number of factors. **Multivariate Behavioural Research**, 1, 245-276, 1966.

- COSTA, R.G. et al. Caracterização do sistema de produção caprino e ovino na região semiárida do estado da Paraíba. Brasil. **Archivos de Zootecnia**, v. 57, n. 218, p. 195-205, jun. 2008
- DIAS, L.G. et al. Raw bovine meat fatty acids profile as an origin discriminator. **Food Chemistry**, v., 109, p. 840-847, 2008.
- DRAY, S. On the number of principal components: A test of dimensionality based on measurements of similarity between matrices. **Computational Statistics & Data Analysis**, v. 52, p. 2228-2237, 2008.
- FERRÉ, L. Selection of components in principal component analysis: a comparison of methods. **Computational Statistics & Data Analysis**, v. 19, p.669-682, 1995.
- HAIR, Jr et al. **Multivariate Data Analysis**. 6ª edição. Upper Saddle River, NJ: Pearson Prentice Hall, 2009.
- JOHNSON, R. A.; WICHERN, D.W. **Applied Multivariate Statistical Analysis**, 6th ed, Pearson Education, Inc., 2007.
- KAISER, H. F. The application of electronic computers to factor analysis. **Educational and Psychological Measurement**, v.20, p. 141-151, 1960.
- KENDALL, M.G. **Multivariate analysis**. Hodder Arnold, 2nd edition, 218p, 1980.
- KESKIN, I.; DAG, B. Investigation of relationship amongst milk and wool yield traits of Awassi sheep by using canonical correlation analysis. **Journal of Animal and Veterinary Advances**, v.8, n.3, p. 464-468, 2009.
- KHATTREE, R.; NAIK, D.N. **Multivariate data reduction and discrimination with SAS software**, Cary: SAS Institute Inc., 2000.
- LEGAZ, E. et al. Multivariate characterisation of morphological traits in Assaf (Assaf.E) sheep. **Small Ruminant Research**, v.100, p.122-130, 2011.
- LEITE, C.D.S. et al. Avaliação de características de desempenho e de carcaça de codornas de corte por meio da análise de componentes principais. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.61, n.2, p.498-503, 2009.

- LIBERATO, J.R.; VALE, F.X.R.; CRUZ, C.D. Técnicas estatísticas de análise multivariada e a necessidade de o fitopatologista conhecê-las. **Fitopatologia Brasileira**, v.24, p.5-8, 1999.
- MANLY, B.F.J. **Métodos estatísticos multivariados – uma introdução**. 3ª Edição. Porto Alegre: Bookmn, 229p., 2008.
- MUNIZ, C.A.S.D. et al. Análise de componentes principais para características de crescimento em bovinos de corte. **Semina: Ciências Agrárias**, v.35, n.3, p.1569-1576, 2014.
- OGAH, D.M. Canonical discriminant analysis of morphometric traits in indigenous chicken genotypes. **Trakia Journal of Sciences**, n.2, p.170-174, 2013.
- OLIVEIRA, M.V.M. et. al. Rendimento de carcaça, mensurações e peso de cortes comerciais de cordeiros Santa Inês e Bergamácia alimentados com dejetos de suínos em confinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.3, p.1451-1458, 2002.
- OLIVEIRA, N.M., et al. Produção de carne em ovinos de cinco genótipos. 4. Composição regional e tecidual. **Ciência Rural**, v. 28, p.125-129, 1998
- OSÓRIO, J. C. S.; OSÓRIO, M. T. M. Sistemas de avaliação de carcaças no Brasil. In: SIMPÓSIO MINEIRO DE OVINO CULTURA, 1., 2001, Lavras, MG. **Anais...** Lavras: UFLA, p.157-196, 2001
- PERES-NETO, P.R. et al. How many principal components: stopping rules for determining the number of non-trivial axes revisited. **Computational Statistics & Data Analysis**, v. 49, p. 974-997, 2005.
- PÉREZ, J.R.O.; CARVALHO, P.A. **Considerações sobre carcaças ovinas**. In: Juan Ramon Olalquiaga Pérez. (Org.). Ovinocultura: aspectos produtivos. Lavras: GAO Universidade Federal de Lavras, p.122-144, 2002.
- RIBEIRO, M.N. et al. Principal components analysis of the lipid profile of fat deposits in Santa Inês sheep. **Small Ruminant Research**, v. 144, p.100-103, 2016.
- ROUSE, G.H. et al. The use of real-time ultrasound to predict live feedlot cattle carcass value. **Beef Research Report**. p.89-99, 2000.

- SAKAGUTI, E.S. **Utilização de técnicas de análise multivariada na avaliação de cruzamento dialélicos em coelhos**. Viçosa, MG: UFV, 1994, 170p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento) - Universidade Federal de Viçosa, 1994.
- SANTOS, C. L.; PÉREZ, J. R. O. Cortes comerciais de cordeiros Santa Inês. In: ENCONTRO MINEIRO DE OVINOCULTURA, 1., 2000, Lavras, MG. **Anais...** Lavras: UFLA, p. 149-168, 2000.
- SILVA, N.V. et al. Características de carcaça e carne ovina: uma abordagem das variáveis metodológicas e fatores de influência. **Acta Veterinaria Brasilica**, v.2, n.4, p.103-110, 2008.
- SOUZA, A. M. **Monitoração e ajuste de realimentação em processos produtivos multivariados**. 2000. Tese (Doutorado Engenharia de Produção) - Universidade Federal Santa Catarina, 2000.
- TRAORÉ, A. et al. Multivariate characterization of morphological traits in Burkina Faso sheep. **Small Ruminant Research**, v.80, p.62-67, 2008.
- VELOSO, R.C. et al. Genetic divergence between genotypes for male and female broilers. **Ciência Rural**, v.46, n.3, p.554-559, 2016.
- WILLIAMS, A.R. Ultrasound applications in beef cattle carcass research and management. **Journal of Animal Science**, v.80 (supl.2), p.183-188, 2002.
- YAKUBU, A. et al. Discriminant analysis of morphometric differentiation in the West African Dwarf and Red Sokoto goats. **South African Journal of Animal Science**, v.40, n.4, p.381-387, 2010.
- YAMAMOTO S.M. et al. Rendimento dos cortes e não componentes da carcaça de cordeiros terminados com dietas contendo diferentes fontes de óleo vegetal. **Ciência Rural** v. 34, p.1909-1913, 2004.
- YÁÑEZ, E. A. et al. Utilização de medidas biométricas para predizer características da carcaça de cabritos Saanen. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.6, p.1564-1572, 2004.
- YANG, C.J. et al., Discrimination and characterization of different intensities of goatly flavour in goat milk by means of an electronic nose. **Journal of Dairy Science**, v.98, p.55-67, 2015.

ZAPATA, J.F.F. et al. Características de carcaça de pequenos ruminantes do Nordeste do Brasil. **Revista Ciência Animal**, v.11, n.2, p.79-86, 2001.

ZURITA-HERRERA, P. et al. Multivariate analysis of meat production traits in Murciano-Granadina goat kids. **Meat Science**, v.88, p.447-453, 2011.

CAPÍTULO II

Aplicação de técnicas multivariadas para a Caracterização de carcaça de ovinos da raça Morada Nova I: Análise de componentes principais

Aplicação de técnicas multivariadas para a Caracterização de carcaça de ovinos da raça Morada Nova I: Análise de componentes principais

RESUMO

Nos estudos de avaliação de carcaça geralmente utiliza-se grande quantidade de características, causando redundância e tornando difícil a interpretação por meio de análise univariada. A análise multivariada é a técnica estatística apropriada para o estudo de conjuntos de variáveis correlacionadas e que necessitam de análise simultânea. Assim, o objetivo deste trabalho foi reduzir a dimensionalidade do conjunto de variáveis originais referentes a características de carcaça de ovinos da raça Morada Nova, eliminando as variáveis redundantes e a recomendação das variáveis possíveis de serem mantidas em estudos futuros, por meio da análise de componentes principais. Foram utilizadas informações de 48 ovinos da raça Morada Nova, com idade média de oito meses, compreendendo 19 características referentes as medidas biométricas da carcaça e de desempenho animal (profundidade torácica - PFT, perímetro torácico - PT, perímetro de perna - PP, perímetro de garupa - PG, comprimento externo da carcaça - CEC, comprimento interno da carcaça - CIC, comprimento da perna - CP, largura de garupa - LG, largura torácica - LT, índice de compacidade de carcaça - ICC, área de olho de lombo - AOL, peso corporal ao abate - PCA, peso de carcaça quente - PCQ, rendimento de carcaça quente - RCQ, peso de carcaça fria - PCF, rendimento de carcaça fria - RCF, perda por resfriamento - PR, peso corporal vazio - PCV e rendimento verdadeiro - RV) as quais foram submetidas a análise de componentes principais. Os componentes principais gerados foram eficientes em reduzir a variação total acumulada em 19 variáveis originais correlacionadas para cinco combinações lineares (CP_k), os quais explicaram 80% da variação total contida nas variáveis originais. Os dois primeiros componentes principais juntos explicam 56,12% da variação total das variáveis avaliadas. As características com maiores coeficientes de ponderação, em valor absoluto, no primeiro componente foram PCF (0,37), seguida de PCQ (0,36), PCV e ICC (0,34), caracterizando CP_1 como um índice para a determinação da conformação da carcaça do animal. No segundo componente, as variáveis CP, LG e PG (0,39) foram aquelas com os maiores coeficientes de ponderação e que indicam que CP_2 pode ser considerado um índice das

medidas biométricas. As variáveis selecionadas seguindo o critério de escolha daquela que possui o mais alto coeficiente de ponderação em cada um dos cinco componentes foram PCF (0,37), PG, CP e LG (0,39), RCF (-0,48), LT (0,50) e PP (0,81) e, portanto, recomenda-se o uso destas características em experimentos futuros.

Palavras-chave: Análise multivariada, desempenho animal, medidas biométricas, ovinocultura

**Multivariate techniques applied for the carcass characterization of Morada
Nova sheep breed I: principal component analysis**

ABSTRACT

In carcass evaluation studies, a large number of traits are usually available, causing redundancy, and making interpretation difficult through univariate analysis. Multivariate analysis is the appropriate statistical technique for the study of sets of correlated variables that require simultaneous analysis. Thus, the aim of this study was to reduce the dimensionality of the set of original variables about to carcass traits of Morada Nova breed sheep, cutting off the redundant variables and recommending the possible variables to should be remain in future studies, through the principal components analysis. Data were obtained from 48 Morada Nova breed sheep, with a mean age of eight months, being 19 traits relative to the biometric measurements of carcass and animal performance (thorax depth - TD, thorax perimeter - TP, leg perimeter - LP, hind perimeter - HP, carcass external length - CEL, carcass internal length - CIL, leg length - LL, hind width - HW, thorax width - TW, index of carcass compactness - ICC, loin eye area - LEA, slaughter body weight - SBW, hot carcass weight - HCW, hot carcass yield - HCY, cold carcass weight - CCW, cold carcass yield - CCY, cooling loss - CL, empty body weight - EBW and true yield - TY) and were submitted to principal component analysis. The principal components were efficient in reducing the total variation in 19 original variables correlated to five linear combinations (CP_k), which explained 80% of the total variation contained in the original variables. The first two principal components together explain 56.12% of the total variance of the variables evaluated. The traits with the highest weighting coefficients, in absolute value, in the first component were CCW (0.37), followed by HCW (0.36), ECW and ICC (0.34), characterizing CP_1 as an index for the determination of carcass conformation of the animal. In the second component, the variables LL, HW and HP (0.39) were those with the highest weighting coefficients and indicating that CP_2 can be considered an index of the biometric measurements. The variables selected according to the criterion of choice of the one with the highest weighting coefficient in each of the five components were CCW (0.37), HP, LL and HW

(0.39), CCY (-0.48), TW (0.50) and LP (0.81), and therefore the use of these traits in future experiments is recommended.

Keywords: Animal performance, Biometric measurements, Multivariate analysis, Sheep production

INTRODUÇÃO

No sistema de produção de carne, as características qualitativas e quantitativas da carcaça são importantes, pois estão diretamente relacionadas ao produto final. Alguns autores chamam atenção da influência de fatores como raça, peso ao abate, sexo e idade do animal sobre essas características (SAINZ, 2000; SILVA & PIRES, 2000). Existe a necessidade de oferecer ao mercado um produto com carcaça de boa conformação, elevada proporção de músculos e quantidade adequada de gordura intramuscular (SOUSA et al., 2009).

Admite-se que a conformação da carcaça seja um dos fatores que mais interferem no valor final de comercialização da carne. Uma carcaça com conformação adequada é definida pelo desenvolvimento proporcional das distintas regiões anatômicas que integram a carcaça, e melhores conformações são alcançadas quando as partes de maior valor comercial estão bem pronunciadas (COLOMER-ROCHER, 1971). Sendo assim, as medições de comprimento, largura e perímetro de vários pontos da carcaça constituem um recurso básico para a avaliação da carcaça, fornecendo elementos para relacionar e comparar as diversas regiões do corpo (MARQUES et al., 2008), influenciando na venda do produto (SOUZA et al., 2011).

Estudos de avaliação de carcaça, geralmente são feitos considerando grande número de características e, algumas são redundantes (BARBOSA et al., 2005), tornando-se difícil de se interpretar por meio de análises univariadas. Assim, uma melhor interpretação do conjunto de dados pode ser obtida por meio das técnicas de análise multivariada, pois são mais apropriadas para o estudo de um conjunto de variáveis correlacionadas e que serão analisadas simultaneamente.

A técnica de componentes principais, é uma das principais técnicas multivariadas, com a qual é possível definir, dentre as variáveis contidas no conjunto de dados, aquelas que poderiam ser descartadas em estudos futuros, por serem redundantes. O principal objetivo desta análise é resumir a informação contida no complexo conjunto de variáveis originais, eliminando as informações redundantes existentes em decorrência da correlação entre estas (KHATTREE e NAIK, 2000).

Karlsson (1992) recomendou a utilização de análise de componentes principais para reduzir um conjunto de variáveis correlacionadas de qualidade da carne para funções lineares não-correlacionadas das variáveis originais. A utilização da análise de

componentes principais para avaliar as relações entre características de carcaça vem sendo explorada para diversas espécies de interesse econômico (SARTI et al, 1992; LAVILLE & BASTIEN, 1996; HERNÁNDEZ et al., 1998; HERNÁNDEZ et al., 2000, BARBOSA et al., 2005; LEITE et al., 2009; ZURITA-HERRERA et al. 2011; SILVA et al., 2015). Apesar de sua grande importância, estudos dessa natureza com características de carcaça de ovinos ainda são limitados.

Assim, o objetivo deste trabalho foi reduzir a dimensionalidade do conjunto de variáveis originais referentes a características de carcaça de ovinos da raça Morada Nova, eliminando as variáveis redundantes e a recomendação das variáveis possíveis de serem mantidas em estudos futuros.

MATERIAL E MÉTODOS

O banco de dados foi composto de informações de 48 ovinos machos, com idade de oito meses, proveniente dos estudos realizados por Medeiros et al. (2009) e Lima Júnior et al. (2014). Do banco de dados total, foram selecionadas 19 características referentes a carcaça dos animais (profundidade torácica - PFT, perímetro torácico - PT, perímetro de perna - PP, perímetro de garupa - PG, comprimento externo da carcaça - CEC, comprimento interno da carcaça - CIC, comprimento da perna - CP, largura de garupa - LG, largura torácica - LT, índice de compactidade de carcaça - ICC, área de olho de lombo - AOL, peso corporal ao abate - PCA, peso de carcaça quente - PCQ, rendimento de carcaça quente - RCQ, peso de carcaça fria - PCF, rendimento de carcaça fria - RCF, perda por resfriamento - PR, peso corporal vazio - PCV e rendimento verdadeiro - RV).

As características foram submetidas a análise de componentes principais, realizada por meio do procedimento PRINCOMP do SAS (Statistical Analysis System, versão 9.4). Os componentes principais podem ser obtidos por meio da matriz de covariância ou de correlação. A matriz de correlação, quando comparada à de covariância, possibilita que as discrepâncias entre as variâncias sejam amenizadas além de permitir as comparações entre os autovetores em um componente (JOHNSON & WICHERN, 2007). Segundo Mingoti (2005), a discrepância muitas vezes é causada pela diferença das unidades de medidas das variáveis e este problema pode ser amenizado se houver a

padronização da variável pela sua média e desvio-padrão, procedimento equivalente a obtenção dos componentes principais por meio da matriz de correlação.

Assim, definiu-se como ponto de partida da análise a utilização da matriz de correlação $P_{19 \times 19}$ das variáveis X_i originais (PFT, PT, PP, PG, CEC, CIC, CP, LG, LT, ICC, AOL, PCA, PCQ, RCQ, PCF, RCF, PR, PCV, RV), com $i = 1, 2, \dots, 19$. A técnica de componentes principais consistiu em transformar um conjunto de p variáveis originais $(X_1, X_2, \dots, X_{19})$, em um conjunto de k componentes (Y_1, Y_2, \dots, Y_k) . Cada componente principal Y_j (CP_k) consiste numa combinação linear das variáveis padronizadas (Z_i) , não correlacionadas entre si e arranjadas em ordem decrescente de variância, sendo o i – *ésimo* componente principal da matriz $P_{19 \times 19}$, $j = 1, 2, \dots, 19$, definido por:

$$Y_j = a_j'Z = a_{j1}Z_1 + a_{j2}Z_2 + \dots + a_{j19}Z_{19}$$

onde a_{ij} são os elementos autovetores, com $i = 1, 2, \dots, 19$. A variância de Y_j é igual a λ_j , $j = 1, 2, \dots, 19$, e a covariância entre Y_j e Y_k é igual a zero, para qualquer $j \neq k$. A correlação entre o componente Y_j e a variável padronizada Z_i é igual a:

$$r_{Y_j, Z_i} = r_{Y_j, X_i} = a_{ji} \sqrt{\lambda_j}$$

Por consequência, as variáveis Z_i com os maiores coeficientes no componente principal Y_j serão as mais correlacionadas com o componente.

A importância relativa de um componente foi avaliada pela porcentagem da variância total explicada por ele, ou seja, a porcentagem de seu autovalor em relação ao total dos autovalores de todos os componentes. A escolha dos componentes que explicaram a maior parte da variação do conjunto de dados foi determinada por aqueles com autovalores iguais ou superiores a 1 (um), de acordo com o critério de Kaiser (1960).

Considerou-se que o primeiro componente principal agrega a variância máxima entre todas as combinações lineares de Z . Por outro lado, o segundo componente é não-correlacionado com o primeiro e possui a segunda maior variância e, assim, sucessivamente. A ideia principal por trás desse procedimento é a de que poucos, dentre os primeiros componentes principais, expliquem a maior variabilidade dos dados

originais, permitindo assim, descartar os demais componentes racionalmente, reduzindo o número de variáveis.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As médias corrigidas e os desvios-padrão das características observadas são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Médias corrigidas e desvios-padrão (DP) das características de carcaça de ovinos da raça Morada Nova.

Características	Média	DP	Características	Média	DP
PFT (cm)	25,16	1,22	AOL (cm ²)	10,86	1,74
PT (cm)	65,72	2,53	PCA (kg)	29,24	3,16
PP (cm)	28,97	1,74	PCQ (kg)	13,78	1,58
PG (cm)	55,50	2,14	RCQ (%)	47,32	2,36
CEC (cm)	54,48	1,97	PCF (kg)	13,30	1,61
CIC (cm)	56,35	1,93	RCF (%)	45,47	2,48
CP (cm)	33,94	1,63	PR (%)	3,57	2,08
LG (cm)	14,94	1,53	PCV (kg)	24,69	2,66
LT (cm)	19,69	3,14	RV (kg)	55,82	2,32
ICC (kg/cm)	0,23	0,02			

PFT - profundidade torácica; PT - perímetro torácico; PP - perímetro de perna; PG - perímetro de garupa; CEC - comprimento externo da carcaça; CIC - comprimento interno da carcaça; CP - comprimento da perna; LG - largura de garupa; LT - largura torácica; ICC - Índice de compacidade de carcaça; AOL - Área de olho de lombo; PCA - Peso corporal ao abate; PCQ - Peso de carcaça quente; RCQ - Rendimento de carcaça quente; PCF - Peso de carcaça fria; RCF - Rendimento de carcaça fria; PR - Perda por resfriamento; PCV - Peso corporal vazio; RV - Rendimento verdadeiro.

A análise de componentes principais é utilizada para redução do conjunto de variáveis originais, com menor perda possível de explicação da variação total. Procura-se redistribuir a variação observada nos eixos originais de forma a se obter um conjunto de eixos ortogonais não correlacionados. Os resultados obtidos para os componentes principais, seus respectivos autovalores e as porcentagens da variância explicada e acumulada por esses componentes são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 – Componentes principais, autovalores (λ_i), a porcentagem da variância explicada pelos componentes (VCP) e a porcentagem da variância explicada pelos componentes acumulada (VCP Acumulado), das características de carcaça de ovinos da raça Morada Nova.

Componentes principais	λ_i	VCP (%)	VCP acumulada (%)
CP ₁	7,29	38,36	38,36
CP ₂	3,37	17,76	56,12
CP ₃	2,30	12,12	68,24
CP ₄	1,28	06,74	74,98
CP ₅	1,03	05,44	80,43

Neste contexto, dos 19 componentes principais gerados, os cinco primeiros foram selecionados por apresentarem autovalores maiores do que 1 (um), ou seja, os cinco primeiros componentes foram capazes de explicar 80,43% da variação total dos dados, o que representa menos 20% de perda de explicação da variação total. Os resultados observados neste estudo são semelhantes a outros que também avaliaram características de carcaça e de qualidade da carne de ovinos, a exemplo de Cañeque et al. (2004) que obtiveram 77% da variação total explicada pelos cinco primeiros componentes principais. Para as características de qualidade da carne, esses autores também observaram que oito componentes principais foram obtidos para explicar 74% da variação total. Picardi et al. (2010), utilizaram a técnica de componentes principais para avaliar carcaças de cordeiros criados a pasto e em confinamento e verificaram que os dois primeiros componentes explicaram 91% e 87% da variação total no sistema de confinamento e a pasto, respectivamente.

Bonvillani et al. (2010), em um trabalho de caracterização de carcaças de cabritos Cordobêz, verificaram que os seis primeiros componentes principais explicaram cerca de 85% da variância total para características de qualidade de carcaça. Santos et al. (2008) observaram que os quatro primeiros componentes explicaram cerca de 80% da variação total das medidas de qualidade de carcaça, isto é, conseguiram redução na dimensionalidade dos dados, uma vez que as 16 variáveis originais foram resumidas a quatro combinações lineares para explicar 80% da variação total.

Na Tabela 3, é possível verificar as variáveis que mais contribuíram para explicar a variação total, pois são aquelas que apresentam maiores coeficientes de ponderação (autovetores) dentro dos primeiros cinco componentes.

Tabela 3- Coeficientes de ponderação dos cinco primeiros componentes mais importantes para explicar a variação total das 19 variáveis originais.

Características	CP ₁	CP ₂	CP ₃	CP ₄	CP ₅
PFT (cm)	-0,05	0,34	0,17	0,41	0,35
PT (cm)	0,30	0,13	0,19	-0,06	0,00
PP (cm)	0,17	0,03	-0,01	0,05	0,81
PG (cm)	0,06	0,39	0,21	0,08	-0,12
CEC (cm)	0,26	0,02	0,10	-0,17	-0,07
CIC (cm)	0,15	0,26	0,28	-0,36	-0,12
CP (cm)	-0,14	0,39	0,17	-0,13	0,09
LG (cm)	-0,16	0,39	0,02	0,13	0,03
LT (cm)	0,07	0,12	0,28	0,50	-0,33
ICC (kg/cm)	0,34	-0,01	-0,11	0,20	0,04
AOL (cm ²)	0,24	0,05	0,06	0,01	-0,18
PCA (kg)	0,33	-0,14	0,19	-0,09	0,07
PCQ (kg)	0,36	0,05	-0,03	-0,08	0,01
RCQ (%)	0,10	0,35	-0,43	0,03	-0,11
PCF (kg)	0,37	-0,01	-0,05	0,00	0,00
RCF (%)	0,15	0,23	-0,48	0,21	-0,12
PR (%)	-0,14	0,31	0,11	-0,45	0,03
PCV (kg)	0,34	-0,03	0,14	0,03	-0,01
RV (kg)	0,11	0,19	-0,44	-0,27	0,03

PFT - profundidade torácica; PT - perímetro torácico; PP - perímetro de perna; PG - perímetro de garupa; CEC - comprimento externo da carcaça; CIC - comprimento interno da carcaça; CP - comprimento da perna; LG - largura de garupa; LT - largura torácica; ICC - Índice de compactidade de carcaça; AOL - Área de olho de lombo; PCA - Peso corporal ao abate; PCQ - Peso de carcaça quente; RCQ - Rendimento de carcaça quente; PCF - Peso de carcaça fria; RCF - Rendimento de carcaça fria; PR - Perda por resfriamento; PCV - Peso corporal vazio; RV - Rendimento verdadeiro.

Os dois primeiros componentes principais explicam 56,12% da variação total das variáveis avaliadas. As características com maiores coeficientes de ponderação, em valor absoluto, no primeiro componente foram PCF (0,37), seguida de PCQ (0,36), PCV e ICC (0,34) e PCA (0,33), caracterizando CP₁ como um índice para a determinação da conformação da carcaça do animal. No segundo componente, as variáveis CP, LG e PG (0,39) foram aquelas com os maiores coeficientes de ponderação e que indicam que CP₂

pode ser considerado um índice das medidas biométricas. Assim, os componentes principais podem ser dispostos como modelos lineares:

$$\begin{aligned}
 CP1 = & -0,05PFT + 0,30PT + 0,17PP + 0,06PG + 0,26CEC + 0,15CIC - 0,14CP \\
 & - 0,16LG + 0,07LT + 0,34ICC + 0,24AOL + 0,33PCA + 0,36PCQ \\
 & + 0,10RCQ + 0,37PCF + 0,15RCF - 0,14PR + 0,34PCV + 0,11RV
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 CP2 = & 0,34PFT + 0,13PT + 0,03PP + 0,39PG + 0,02CEC + 0,26CIC + 0,39CP + 0,39LG \\
 & + 0,12LT - 0,01ICC + 0,05AOL - 0,14PCA + 0,05PCQ + 0,35RCQ \\
 & - 0,01PCF + 0,23RCF + 0,31PR - 0,03PCV + 0,19RV
 \end{aligned}$$

As variáveis localizadas mais distantes do ponto zero dos eixos X e Y (Figura 1), são consideradas as mais importantes para explicar a variação total dos dados.

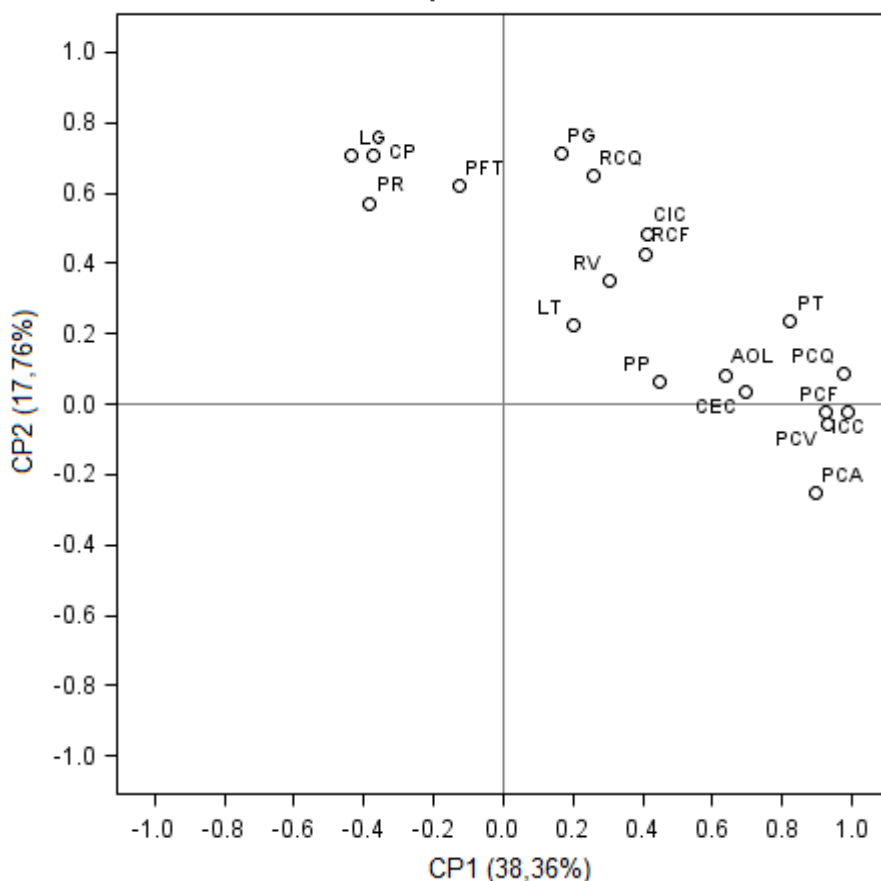


Figura 1 – Gráfico bidimensional das características de carcaça de ovinos da raça Morada Nova.

De acordo com Khattree & Naik (2000), um dos principais métodos utilizados para a seleção de variáveis é de acordo com o número de componentes principais selecionados. Para isso, é selecionada a variável que possui o mais alto valor absoluto entre as demais variáveis contidas no primeiro componente principal. A segunda variável selecionada é aquela que possui o mais alto valor absoluto no segundo componente, e assim sucessivamente. As variáveis selecionadas seguindo esse critério foram PCF (0,37), PG, CP e LG (0,39), RCF (-0,48), LT (0,50) e PP (0,81) e, portanto, recomenda-se o uso destas características em experimentos futuros.

Almeida et al. (2015) ressaltaram que as medidas biométricas e morfométricas, bem como os índices zootécnicos e de desempenho animal são importantes para a caracterização fenotípica de grupos raciais, indispensável ao melhoramento do plantel, ao conhecimento da conformação dos indivíduos, ao estabelecimento da relação entre conformação e funcionalidade e definição de porte e aptidão. As características PCQ e PCF são importantes para a caracterização da qualidade de carcaças, sendo consideradas de boa qualidade, de acordo com Silva Sobrinho (2001), aquelas que apresentam valores de PCQ igual ou maior que 14,4 kg e PCF maior ou igual que 13,8 kg. Além do que, Osório et al. (2002) afirmam que quando o peso de carcaça aumenta, o peso dos cortes comerciais segue o mesmo comportamento.

Segundo Medeiros et al. (2009), as medidas LG e CP e a relação (largura/comprimento) são essenciais para a estimação do grau de conformação dessa região anatômica, pois, quanto maior esta relação, melhor a conformação ou compacidade da perna. Em relação ao PP, os autores observaram que essa característica foi influenciada pelos níveis de concentrado adicionados a dieta e que possivelmente a deposição de músculos e de tecido adiposo na perna não ocorreu em tempo suficiente para o PP atingir maiores valores. Os autores também ressaltaram que a velocidade de crescimento do animal para atingir o peso de abate em menor tempo de confinamento exige estrutura torácica mais larga e profunda para acomodar os órgãos do sistema respiratório e circulatório para que ambos, juntamente com o sistema digestivo, proporcionem maior circulação de nutrientes pela corrente sanguínea durante a partição desses nutrientes para a deposição dos tecidos muscular e adiposo, refletindo na conformação da carcaça.

CONCLUSÃO

A análise de componentes principais foi eficiente na redução da dimensionalidade do conjunto de dados, uma vez que cinco componentes não correlacionados entre si foram suficientes para explicar cerca de 80% da variação total das 19 variáveis originais.

As variáveis PCF, PG, CP e LG, RCF, LT e PP foram as mais importantes entre os cinco componentes selecionados e deverão permanecer nos futuros estudos de carcaça ovina.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, J. C. S. et al. Desempenho, medidas corporais, rendimentos de carcaça e cortes, e qualidade de carne em cordeiros alimentados com resíduos da agroindústria processadora de frutas. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v.36, n.1, p.541-556, jan/fev, 2015.
- BARBOSA, L. T. et al. Avaliação de Características de Carcaça de Suínos Utilizando-se Análise dos Componentes Principais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.6, p. 2009-2217, 2005.
- BONVILLANI, A. et al. Carcass characteristics of Criollo Cordobés kid goats under an extensive management system: Effects of gender and liveweight at slaughter. **Meat Science**, v.86, p.651-659, 2010.
- CAÑEQUE, V. et al. Carcass and meat quality of light lambs using principal component analysis. **Meat Science**, v.67, p.595-605, 2004.
- COLOMER-ROCHER, F. Valor significativo de algunas medidas de las canales procedentes del cruzamiento Landschaff por Castellana. **ITEA - Informacion Tecnica Economica Agraria**, v.5, p.69-74, 1971.
- HERNANDEZ, P. et al. Relationships between meat quality measurements in rabbits fed with three diets of different fat types and content. **Meat Science**, v.55, p.379-384, 2000.
- HERNANDEZ, P.; PLA, M.; BLASCO, A. Carcass characteristics and meat quality of rabbit lines selected for different objectives: II, Relationships between meat characteristics. **Livestock Production Science**, v.54, p.125-131, 1998.

- JOHNSON, R.A.; WICHERN, D.W. **Applied Multivariate Statistical Analysis**, 6th ed, Pearson Education, Inc., 2007.
- KAISER, H. F. The application of electronic computers to factor analysis. **Educational and Psychological Measurement**, v.20, p.141-151, 1960.
- KARLSSON, A. The use of principal component analysis (PCA) for evaluation results from pig meat quality measurements. **Meat Science**, v.31, p.423-433, 1992.
- KHATTREE, R.; NAIK, D.N, **Multivariate data reduction and discrimination with SAS software**, Cary: SAS Institute Inc., 2000.
- LAVILLE, E. V. M.; BASTIEN, O. Prediction of composition traits of young Charolais bull carcasses using a morphometric method. **Meat Science**, v.44, p.93-104, 1996.
- LEITE, C. D. S. et al. Avaliação de características de desempenho e de carcaça de codornas de corte por meio da análise de componentes principais. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.61, n.2, p.498-503, 2009.
- LIMA JÚNIOR, D. M. et al. Effect of the replacement of Tifton 85 with maniçoba hay on the performance of Morada Nova sheep. **Tropical Animal e Health Production**, v. 46, n.6, p.995-1000, 2014.
- MARQUES, A. V. M. S. et al. Feno de flor de seda (*Calotropis procera* SW) em dietas de cordeiros Santa Inês: Biometria e rendimento dos componentes não-constituintes da carcaça. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.3, n.1, p.85-89, 2008.
- MEDEIROS, G. R. et al. Efeito dos níveis de concentrado sobre as características de carcaça de ovinos Morada Nova em confinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.4, p.718-727, 2009.
- MINGOTI, S. A. **Análise de dados através de métodos de estatística multivariada: uma abordagem aplicada**. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2005.
- OSÓRIO, J. C. et al. Produção de carne em cordeiros cruza Border Leicester com ovelhas Corriedale e Ideal. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.3, p.1469-1480, 2002.
- PICARDI, L. A. et al. Verifying carcass trait changes in a backcross programme with Texel Breed. **Livestock Science**, v.127, p.267-271, 2010.
- SAINZ, R. D. Avaliação de carcaças e cortes comerciais de carne caprina e ovina, In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE CAPRINOS E CORDEIROS DE CORTE, 1., 2000, João Pessoa, **Anais...** João Pessoa: EMEPA-PB, 2000, p.237-250.

- SANTOS, V.A.C. et al. The use of multivariate analysis to characterize carcass and meat quality of goat kids protected by the PGI “Cabrito de Barroso”. **Livestock Science**, v.116, p.70-81, 2008.
- SARTI, D. M. et al. Qualitative characteristics of the carcass and meat of Italian lamb, In Proceedings of the 43rd Reuni on Anual de Federaci on Europea de Zootecnia, Madrid, **Proceedings...** Madrid, Spain, 1992.
- SAS Institute Inc. **SAS/STAT 14.1 User’s guide**. Cary, NC: SAS Institute Inc. 2015.
- SILVA SOBRINHO, A. G. Aspectos quantitativos e qualitativos da produção de carne ovina. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 41, 2001, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 2001. p.425-446.
- SILVA, F. V. et al. Componentes principais das características de carcaças de bovinos anelados e fontes de variação em lesões. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v.35, n.2, p.148-152, 2015.
- SILVA, L. F.; PIRES, C. C. Avaliações quantitativas e predição das proporções de osso, músculo e gordura da carcaça em cordeiros. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.4, p.1253-1260, 2000.
- SOUSA, W. H. et al. Características morfométricas e de carcaça de cabritos e cordeiros terminados em confinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.7, p.1340-1346, 2009.
- SOUZA, C. M. S. et al. Efeito da Suplementação sobre as Medidas Morfométricas da Carcaça de Caprinos Canindé em Pastejo na Caatinga. **Revista Científica de Produção Animal**, v.13, n.1, p.115-118, 2011.
- ZURITA-HERRERA, P. et al. Multivariate analysis of meat production traits in Murciano-Granadina goat kids. **Meat Science**, v.88, p.447-453, 2011.

CAPÍTULO III

Aplicação de técnicas multivariadas para a Caracterização de carcaça de ovinos da raça Morada Nova II: Análise discriminante canônica

Aplicação de técnicas multivariadas para a Caracterização de carcaça de ovinos da raça Morada Nova II: Análise discriminante canônica

RESUMO

A padronização das carcaças ovinas que serão colocadas no mercado é fundamental para valorizar o produto, devendo essas apresentar elevada proporção de músculos, cobertura de gordura subcutânea uniforme e teor de gordura adequado as necessidades do mercado consumidor. Dessa maneira, o objetivo deste trabalho foi identificar as variáveis com o maior poder de discriminação entre os tratamentos T1 - Fração volumosa composta de palma forrageira associada ao feno de capim Tifton 85 e fração concentrada composta por milho em grão, farelo de soja, ureia e mistura mineral; T2 - Fração volumosa composta de palma forrageira associada ao feno de Maniçoba e fração concentrada composta por milho em grão, farelo de soja, ureia e mistura mineral; T3 - Feno moído de capim Tifton 85 e 20% de concentrado (composto por milho moído, farelo de soja e óleo vegetal); T4 - Feno moído de capim Tifton 85 e 40% de concentrado; T5 - Feno moído de capim Tifton 85 e 60% de concentrado; T6 - Feno moído de capim Tifton 85 e 80% de concentrado; e também quantificar a associação entre características biométricas e desempenho animal de 48 ovinos da raça Morada Nova, com idade média de oito meses, por meio da análise discriminante canônica. Foram utilizados registros de 19 características (profundidade torácica - PFT, perímetro torácico - PT, perímetro de perna - PP, perímetro de garupa - PG, comprimento externo da carcaça - CEC, comprimento interno da carcaça - CIC, comprimento da perna - CP, largura de garupa - LG, largura torácica - LT, índice de compactidade de carcaça - ICC, área de olho de lombo - AOL, peso corporal ao abate - PCA, peso de carcaça quente - PCQ, rendimento de carcaça quente - RCQ, peso de carcaça fria - PCF, rendimento de carcaça fria - RCF, perda por resfriamento - PR, peso corporal vazio - PCV e rendimento verdadeiro - RV). Oito variáveis foram selecionadas pelo método *stepwise*: PG, LG, LT, CEC, CP, PCA, PCV e PR. As três primeiras variáveis canônicas foram significativas, explicando 92,25 % da variação total. A primeira variável canônica apresentou o coeficiente de correlação canônica de 0,94, o que indica uma alta associação entre as características de medidas biométricas e de desempenho animal. PCA e LG foram as variáveis selecionadas por

apresentar o mais alto poder discriminatório dos tratamentos, com base nos coeficientes canônicos padronizados.

Palavras-chave: Função discriminante, Método *stepwise*, Ovinocultura, Variáveis canônicas

**Multivariate techniques applied for the carcass characterization of Morada
Nova sheep II: canonical discriminant analysis**

ABSTRACT

The standardization of the carcass sheep that will be placed on the market have a fundamental importance to valorize the product, which must present a high proportion of muscles, a uniform subcutaneous thickness and a fat percentage according to the consumer market preference. The intake of nutrients has a direct dependence on animal performance, therefore, it is necessary to realize a correct nutritional management. In this way, the aim of this study was to identify the variables with the great discriminatory power between the treatments T1 - forage cactus associated with hay Tifton 85, corn in grains, soybean meal, urea and mineral mix; T2 - forage cactus associated to hay Maniçoba, corn grain, soybean meal, urea and mineral mix; T3 - hay of Tifton 85 grass and 20% concentrate (composed of milled corn, soybean meal and vegetable oil); T4 - hay of Tifton 85 grass and 40% concentrate; T5 - hay of Tifton 85 grass and 60% concentrate; T6 - hay of Tifton 85 grass and 80% concentrate; And also to quantify the association between biometric traits and animal performance of 48 Morada Nova sheep, with a mean age of eight months, through canonical discriminant analysis. It was used the records of 19 traits (thorax depth - TD, thorax perimeter - TP, leg perimeter - LP, hind perimeter - HP, carcass external length - CEL, carcass internal length - CIL, leg length - LL, hind width - HW, thorax width - TW, index of carcass compactness - ICC, loin eye area - LEA, slaughter body weight - SBW, hot carcass weight - HCW, hot carcass yield - HCY, cold carcass weight - CCW, cold carcass yield - CCY, cooling loss - CL, empty body weight - EBW and true yield - TY). Eight variables were selected by the stepwise method: HP, HW, TW, CEL, LL, SBW, EBW and CL. The first three canonical variables were significant, explaining 92.25% of the total variation. The first canonical variable has a canonical correlation coefficient of 0.94, which indicates a high association between the biometric measures and animal performance traits. SBW and HW were the variables selected because they presented the greatest discriminatory power of the treatments, based on standardized canonical coefficients.

Keywords: canonical variables, discriminant function, sheep, stepwise method

INTRODUÇÃO

O valor individual de um ovino para produção de carne é estimado por meio do rendimento de carcaça, que expressa a relação percentual entre os pesos de carcaça e do animal. No sistema de produção de carne, as características qualitativas e quantitativas da carcaça, tais como conformação e distribuição de gordura dentro da carcaça, são de grande importância na produção de carne são importantes, pois estão diretamente relacionadas ao produto final. O rendimento dos cortes cárneos de alto valor também pode ser considerado como importante indicador do valor global da carcaça (SAÑUDO et al., 2012). Vários fatores exercem influência sob tais características, entre eles, o genótipo, o peso ao abate, o sexo, a idade e o manejo alimentar (SILVA SOBRINHO, 2001).

Nesse contexto, a padronização das carcaças ovinas que serão colocadas no mercado é essencial para valorizar o produto e atrair ainda mais o consumidor. Dentre os critérios que definem a qualidade da carcaça, destacam-se a conformação, que expressa o desenvolvimento da massa muscular, e o grau de acabamento, que se refere à distribuição e a quantidade de gordura de cobertura (OSÓRIO et al., 2002). As carcaças devem apresentar boa distribuição da gordura de cobertura para evitar o encurtamento pelo frio e a consequente perda de maciez, além de que a gordura intramuscular, em níveis moderados, proporciona sabor e maciez (BUENO et al., 2000; MCMANUS et al., 2013).

A tomada de medidas da carcaça é importante, pois permitem comparações entre tipos raciais, pesos e idades ao abate, sistemas de alimentação, e pelas suas correlações com outras medidas ou com os tecidos constituintes da carcaça, possibilitando estimar suas características (SILVA & PIRES, 2000). Pinheiro & Jorge (2010) verificaram que com exceção do comprimento da perna e da profundidade do tórax, as medidas de comprimento interno e externo da carcaça, largura da garupa, perímetro da garupa, perímetro do tórax, largura do anterior, largura do tórax, compacidade da carcaça e da perna tomadas na carcaça apresentaram correlação significativa com o peso corporal ao abate e de carcaça fria das ovelhas, destacando que o perímetro da garupa foi a medida na carcaça com o maior valor de correlação (0,83 e 0,90).

Considerando que o desempenho animal está associado a qualidade do alimento fornecido na dieta e que, no contexto de um sistema de produção, este é o item mais oneroso, vários estudos vem sendo realizados a fim de se encontrar alimentos alternativos de baixo custo, boa disponibilidade, que atendam às necessidades e exigências

nutricionais dos animais e que aumentem o ganho de peso/dia, diminuindo assim a idade ao abate e garantindo uma carcaça de qualidade (MEDEIROS et al. 2009, BEZERRA et al. 2012, LIMA JÚNIOR et al. 2014, URBANO et al. 2015).

No tocante dos estudos com carcaça ovina, se utiliza, geralmente, grande número de características e as técnicas de análise multivariada mostram-se como alternativas extremamente eficientes quando a situação exige uma combinação de múltiplas informações procedentes de uma parcela experimental (ou seja, de um vetor observacional), com a finalidade de associar ou predizer fenômenos biológicos baseando-se em um complexo de variáveis importantes para o desenvolvimento do plano experimental (DILLON & GOLDSTEIN, 1984).

No Brasil, alguns estudos já foram realizados utilizando a análise discriminante com características de carcaça de outras espécies (FONSECA et al., 2002; ROSÁRIO et al., 2008; ALMEIDA et al., 2013) e também com outras técnicas multivariadas e carcaça de ovinos (GUSMÃO FILHO et al., 2009; CARNEIRO et al., 2010; SILVA et al., 2013), mas aqueles abordando a análise discriminante canônica e características de carcaça de ovinos ainda são escassos (PAIM et al., 2013; NOTTER et al., 2014; CAMACHO et al., 2015) e, especificamente com a raça Morada Nova, ainda não foram desenvolvidos.

Assim, o objetivo deste trabalho foi identificar quais as variáveis com o melhor poder discriminatório entre os tratamentos T1 - Fração volumosa composta de palma forrageira associada ao feno de capim Tifton 85 e fração concentrada composta por milho em grão, farelo de soja, ureia e mistura mineral; T2 - Fração volumosa composta de palma forrageira associada ao feno de Maniçoba e fração concentrada composta por milho em grão, farelo de soja, ureia e mistura mineral; T3 - Feno moído de capim Tifton 85 e 20% de concentrado (composto por milho moído, farelo de soja e óleo vegetal); T4 - Feno moído de capim Tifton 85 e 40% de concentrado; T5 - Feno moído de capim Tifton 85 e 60% de concentrado; T6 - Feno moído de capim Tifton 85 e 80% de concentrado, além de quantificar a associação entre as características biométricas e de desempenho de 48 ovinos da raça Morada Nova, com idade média de oito meses, por meio da análise discriminante canônica.

MATERIAL E MÉTODOS

O banco de dados foi composto de informações de 48 ovinos machos, com idade e peso médio inicial de oito meses e 19,5 kg, respectivamente, proveniente dos estudos realizados por Medeiros et al. (2009) e Lima Júnior et al. (2014). Os tratamentos foram definidos de acordo com as dietas: Tratamento 01 (T1) - Fração volumosa composta de palma forrageira (*Nopalea cochenillifera* Salm-Dyck) associada ao feno de capim Tifton 85 (*Cynodon spp.*) e fração concentrada composta por milho em grão, farelo de soja, ureia e mistura mineral; Tratamento 02 (T2) - Fração volumosa composta de palma forrageira (*Nopalea cochenillifera* Salm-Dyck) associada ao feno de Maniçoba (*Manihot pseudoglaziovii*) e fração concentrada composta por milho em grão, farelo de soja, ureia e mistura mineral; Tratamento 03 (T3) - Feno moído de capim Tifton 85 e 20% de concentrado (composto por milho moído, farelo de soja e óleo vegetal); Tratamento 04 (T4) - Feno moído de capim Tifton 85 e 40% de concentrado; Tratamento 05 (T5) - Feno moído de capim Tifton 85 e 60% de concentrado; Tratamento 06 (T6) - Feno moído de capim Tifton 85 e 80% de concentrado. As dietas experimentais T1 e T2 foram formuladas a fim de permitir o ganho de peso de 150g/dia enquanto que as dietas T3, T4, T5 e T6 proporcionavam o ganho de peso de 250g/dia.

O banco de dados era formado por 19 características referentes a carcaça dos animais (profundidade torácica - PFT, perímetro torácico - PT, perímetro de perna - PP, perímetro de garupa - PG, comprimento externo da carcaça - CEC, comprimento interno da carcaça - CIC, comprimento da perna - CP, largura de garupa - LG, largura torácica - LT, índice de compacidade de carcaça - ICC, área de olho de lombo - AOL, peso corporal ao abate - PCA, peso de carcaça quente - PCQ, rendimento de carcaça quente - RCQ, peso de carcaça fria - PCF, rendimento de carcaça fria - RCF, perda por resfriamento - PR, peso corporal vazio - PCV e rendimento verdadeiro - RV).

A análise discriminante canônica é uma técnica multivariada utilizada para identificar as combinações lineares das variáveis que melhor promovem separação nos grupos. Este tipo de técnica multivariada descreve a relação entre dois conjuntos de variáveis para, então, calcular as combinações lineares com máxima correlação. O objetivo final da análise da função discriminante é avaliar a contribuição relativa de cada uma das variáveis independentes para as funções canônicas derivadas, a fim de explicar a natureza da relação (YAKUBU et al., 2010).

Fisher (1936) introduziu a ideia de se construir funções discriminantes a partir de combinações lineares das variáveis originais, semelhante ao que é feito nas técnicas de análise de componentes principais e fatorial. Assim, considerando p -variáveis aleatórias, g populações normais p -variadas para discriminação e que as matrizes de covariâncias populacionais sejam todas iguais. Neste caso, é possível construir s combinações lineares, $s \leq \min(g - 1, p)$, chamadas de funções discriminantes canônicas e que são definidas por:

$$\hat{Y}_j = \hat{e}_j' X_{px1}$$

Onde $j = 1, 2, \dots, s$, \hat{e}_j' o j -ésimo autovetor correspondente ao j -ésimo autovalor da matriz $W^{-1}B$ e tal que $\hat{e}_j' W \hat{e}_j = 1$, sendo as matrizes W e B respectivamente definidas por:

$$W_{p \times p} = \sum_{i=1}^g \sum_{k=1}^{n_i} (X_{ik} - \bar{X}_i)(X_{ik} - \bar{X}_i)'$$

$$B_{p \times p} = \sum_{i=1}^g n_i (X_i - \bar{X})(X_i - \bar{X})'$$

Sendo X_{ik} o vetor de observações do elemento amostral k que pertence a população i , \bar{X}_i o vetor das médias amostral da população i , \bar{X} o vetor de médias amostral, considerando-se todas as n observações conjuntamente e n_i o número de elementos pertencentes à amostra da população i , $i = 1, 2, 3, \dots, g$, $\sum_{i=1}^g n_i = n$. As matrizes W e B são chamadas de matrizes de soma de quadrados e produtos cruzados dentro (*within*) dos grupos e entre (*between*) grupos, e são análogas aquelas utilizadas na análise multivariada.

As combinações lineares \hat{Y}_j são as de maior poder discriminante dentro do conjunto de variáveis utilizada para discriminação. Em termos de análise de variância, são as combinações lineares com maior poder de separação dos grupos ou, equivalentemente, as que forneceriam o menor valor da probabilidade de significância, considerando-se os dados observados de populações normais p -variadas e o teste de Wilk's para a comparação dos vetores de média populacionais.

A primeira função discriminante canônica é a relacionada com o maior autovalor da matriz $W^{-1}B$ e tem o maior poder de discriminação. A segunda função discriminante é relacionada com o segundo maior autovalor da matriz $W^{-1}B$ e tem um poder de discriminação menor do que a primeira e maior do que a terceira, e assim sucessivamente.

Após a construção das funções discriminantes canônicas, para cada elemento amostral com vetor de observações x_j , foi obtido um vetor com os seus escores nestas funções, isto é, $\hat{Y}'_j = [\hat{e}'_1 x_j \hat{e}'_2 x_j \dots \hat{e}'_s x_j]$. Além disso, foram obtidos escores das funções discriminantes canônicas aplicadas aos vetores de média amostral observada para cada população, isto é, $\bar{Y}'_j = [\hat{e}'_1 \bar{x}_j \hat{e}'_2 \bar{x}_j \dots \hat{e}'_s \bar{x}_j]$, $i = 1, 2, \dots, g$.

Para a seleção das variáveis, foi utilizado o método *stepwise*. Neste procedimento, as variáveis são inseridas no modelo uma a uma, de acordo com o valor de F parcial. A análise é feita por etapas e o modelo é examinado junto com as variáveis em cada uma dessas etapas.

Logo, no primeiro passo do algoritmo, uma análise de variância foi ajustada para cada uma das p -variáveis candidatas a entrar no modelo separadamente. Dentre as variáveis significativas, deu entrada no modelo de discriminação aquela de maior significância, isto é, a de maior poder de discriminação dos grupos. O segundo passo, os F parciais de entrada foram calculados considerando apenas as variáveis que já haviam entrado e permanecido no modelo. Os valores calculados de F para as variáveis candidatas a entrar no modelo foram comparados a um valor F de referência escolhido *a priori*. Quando todas as variáveis inseridas no modelo atenderam aos critérios de inclusão e exclusão, o processo de seleção passo a passo (*stepwise*) foi finalizado. De acordo com Johnson (1998), para o método *stepwise* recomenda-se o nível de significância entre 25 a 50% para a entrada de variáveis e de 15% para a saída de variáveis.

Os dados foram padronizados por meio do procedimento STANDARD do pacote estatístico SAS (Statistical Analysis System, versão 9.4). Posteriormente, as análises estatísticas foram efetuadas no mesmo software por meio dos procedimentos STEPDISC, DISCRIM e CANDISC. Este último procedimento foi utilizado para se obter os coeficientes canônicos padronizados total e a variação total explicada por cada variável canônica.

As diferenças entre os tratamentos foram obtidas pelo teste F ($P < 0,05$) sobre as distâncias de Mahalanobis ao quadrado:

$$d_{ij}^2 = (\bar{x}_i - \bar{x}_j)' S^{-1} (\bar{x}_i - \bar{x}_j)$$

onde \bar{x}_i e \bar{x}_j são as médias dos vetores dos tratamentos i e j , e S^{-1} é a matriz inversa da variância amostral e covariância amostral comum a todos os tratamentos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os coeficientes canônicos padronizados, a correlação canônica e a variação explicada por cada variável canônica (autovalores) estão apresentados na Tabela 01.

As duas primeiras variáveis canônicas, explicaram 92,24% da variação total. Segundo Khattree & Naik (2000), a variável canônica 1 possui maior poder discriminante do que a variável canônica 2, além de, também, ser interpretada como o melhor discriminador linear não correlacionado para a população g .

No primeiro par de variáveis canônicas foi observado que as variáveis ICC, PCQ e PCF obtiveram os maiores coeficientes canônicos padronizados, em módulo, e conseqüentemente, são as variáveis com maior grau de discriminação. Os coeficientes canônicos padronizados indicam o grau de contribuição de cada variável para sua respectiva variável canônica. Cada par canônico é independente dos demais assim como das variáveis preditoras padronizadas (Khattree & Naik, 2000).

Tabela 01 – Coeficientes canônicos padronizados e a variação total explicada por cada variável canônica.

Variável original	Variável canônica	
	VC1	VC2
PFT (cm)	-0,04	-0,20
PT (cm)	0,05	0,23
PP (cm)	-0,09	0,36
PG (cm)	-0,10	-0,02
CEC (cm)	-0,05	0,16
CIC (cm)	-1,25	0,31
CP (cm)	0,33	-0,22
LG (cm)	-0,93	0,47
LT (cm)	-0,12	-0,43
ICC (kg/cm)	-327,54	9,95
AOL (cm ²)	0,19	0,11
PCA (kg)	6,41	2,02
PCQ (kg)	-8,57	-1,42
RCQ (%)	3,32	-0,61
PCF (kg)	7,47	-4,93
RCF (%)	0,34	1,58
PR (%)	0,12	0,26
PCV (kg)	-3,28	0,54
RV (kg)	-1,31	0,60
Correlação canônica	0,98 ^{***}	0,87 ^{**}
Variação (%)	81,07	11,17

PFT - profundidade torácica; PT - perímetro torácico; PP - perímetro de perna; PG - perímetro de garupa; CEC - comprimento externo da carcaça; CIC - comprimento interno da carcaça; CP - comprimento da perna; LG - largura de garupa; LT - largura torácica; ICC - Índice de compactidade de carcaça; AOL - Área de olho de lombo; PCA - Peso corporal ao abate; PCQ - Peso de carcaça quente; RCQ - Rendimento de carcaça quente; PCF - Peso de carcaça fria; RCF - Rendimento de carcaça fria; PR - Perda por resfriamento; PCV - Peso corporal vazio; RV - Rendimento verdadeiro.

*** P<0,01; ** P<0,05; ns = não significativo.

A Tabela 02 contém as distâncias de Mahalanobis quadráticas pareadas (*pairwise*) e a probabilidade de significância pelo teste F ($p < 0,05$) entre os tratamentos.

Tabela 02 – Distância de Mahalanobis quadráticas pareadas (acima da linha diagonal) e a probabilidade pelo teste F entre os tratamentos (abaixo da linha diagonal).

	T1	T2	T3	T4	T5	T6
T1	0	10,98	128,97	102,53	71,47	108,94
T2	ns	0	109,99	87,14	59,44	94,25
T3	***	***	0	7,56	18,91	31,27
T4	***	***	ns	0	10,68	21,00
T5	***	***	**	ns	0	17,66
T6	***	***	**	**	**	0

T1 - Palma forrageira associada ao feno de capim Tifton 85 (*Cynodon spp.*); T2 - Palma forrageira associada ao feno de Maniçoba (*Manihot pseudoglaziovii*); T3 - Feno moído de capim Tifton 85 e 20% de concentrado (composto de milho moído, farelo de soja e óleo vegetal); T4 - Feno moído de capim Tifton 85 e 40% de concentrado; T5 - Feno moído de capim Tifton 85 e 60% de concentrado; T6 - Feno moído de capim Tifton 85 e 80% de concentrado.
 *** P<0,01; ** P<0,05; ns = não significativo.

A menor distância foi observada entre os tratamentos 03 e 04, contudo não significativa ($p > 0,05$). Os tratamentos 04 e 05 apresentaram uma pequena distância, com ($p < 0,001$), indicando que os níveis de inclusão de concentrado na dieta de 40 e 60% produzem resultados similares no desenvolvimento das características de medidas biométricas e de desempenho animal. Em contrapartida, a maior distância foi observada entre os tratamentos 01 e 03 e a dissimilaridade também foi constatada no teste F ($p < 0,001$).

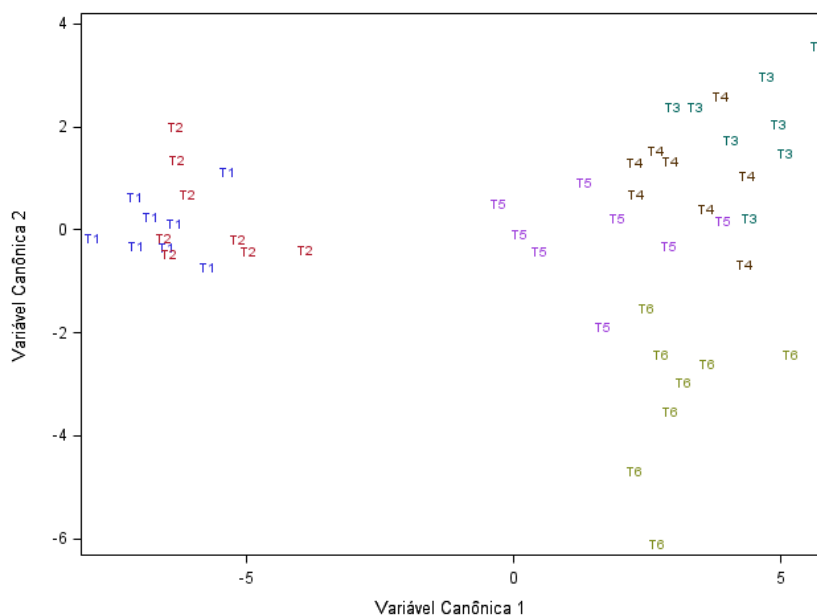


Figura 01 – Gráfico bidimensional da análise discriminante canônica de T1, T2, T3, T4, T5 e T6 baseada em todas as variáveis.

A Figura 01 ilustra a representação canônica dos tratamentos T1, T2, T3, T4, T5 e T6, por meio das variáveis canônicas 1 e 2. É possível observar a proximidade entre T1 e T2, bem como é a distância entre estes tratamentos para com os demais. Um dos principais fatores que pode ter contribuído para a distância entre os tratamentos é o tipo de dieta fornecida em cada tratamento. A composição alimentar entre as dietas dos tratamentos T1 e T2 é mais semelhante, bem como a composição alimentar entre T3, T4, T5 e T6. Na representação gráfica também é possível observar a proximidade entre os tratamentos T3 e T4. Medeiros et al. (2009) em seu estudo utilizando análise univariada, identificaram que as dietas com inclusão de 20 e 40% de concentrado (T3 e T4, neste estudo) continham os maiores percentuais de fibra em detergente neutro, sendo, portanto, menos digeríveis do que as demais, provocando resultados semelhantes ao longo do estudo.

As variáveis selecionadas pelo método *stepwise* encontram-se na Tabela 03. A seleção de variáveis pelo método *stepwise* dá-se início sem nenhuma variável no modelo e, em cada etapa, se combina a adição das variáveis com maior poder discriminatório e elimina aquelas de menor contribuição, com base na estatística F ou no valor de lambda de Wilks.

Tabela 03 – Variáveis selecionadas pelo método *stepwise*.

Etapas	Variável	R ² parcial	Lambda de Wilks	Pr<Lambda
1	LG ^{***}	0,66	0,34	<,0001
2	PCA ^{***}	0,50	0,17	<,0001
3	LT ^{***}	0,56	0,07	<,0001
4	PR ^{***}	0,39	0,05	<,0001
5	PCV ^{***}	0,33	0,03	<,0001
6	PG ^{**}	0,27	0,02	<,0001
7	CEC ^{ns}	0,21	0,02	<,0001
8	CP ^{ns}	0,20	0,01	<,0001

PG - Perímetro de garupa; CEC - comprimento externo da carcaça; CP - comprimento da perna; LG - largura de garupa; LT - largura torácica; PCA - Peso corporal ao abate; PR - Perda por resfriamento; PCV - Peso corporal vazio.

*** P<0,01; ** P<0,05; ns = não significativo.

A cada variável que entra na equação de Fisher, aplica-se a distância de Mahalanobis para garantir que ela maximiza a distância entre os grupos mais próximos, de modo que o subconjunto de variáveis escolhidas é o que apresenta maior percentagem de classificação correta. Além disso, essa técnica evita os efeitos de multicolinearidade entre as variáveis independentes, uma vez que a cada variável que entra na equação, examina-se sua relação com as demais já selecionadas para avaliar se existe algum efeito de redundância entre elas (RAUSCH & KELLEY, 2009).

Assim, a variável considerada mais importante para discriminar os tratamentos foi a LG com o r^2 parcial de 0,66 e $P < 0,0001$. As variáveis CEC e CP não foram significativas ao nível de 5% de probabilidade e, portanto, não possuem influência na discriminação dos tratamentos.

Uma vez que a dimensionalidade das variáveis foi reduzida de 19 para apenas 8 variáveis, repetiu-se a análise discriminante canônica para o novo conjunto de dados. Assim, os coeficientes canônicos padronizados, a correlação canônica e a variação explicada por cada variável canônica (autovalores) para este novo conjunto de dados estão apresentados na Tabela 04.

Tabela 04 – Coeficientes canônicos padronizados e a variação total explicada por cada variável canônica para o segundo banco de dados.

Variável original	Variável canônica		
	VC1	VC2	VC3
PG (cm)	0,51	-0,36	-0,01
CEC (cm)	-0,52	-0,21	-0,37
CP (cm)	-0,20	0,10	-1,03
LG (cm)	1,14	-0,51	0,43
LT (cm)	0,66	1,27	0,56
PCA (kg)	-1,47	-2,22	1,53
PR (%)	0,64	-0,38	1,41
PCV (kg)	0,26	2,15	-0,59
Correlação canônica	0,94***	0,82***	0,61***
Variação (%)	70,11	19,69	5,45

PG - Perímetro de garupa; CEC - comprimento externo da carcaça; CP - comprimento da perna; LG - largura de garupa; LT - largura torácica; PCA - Peso corporal ao abate; PR - Perda por resfriamento; PCV - Peso corporal vazio.

*** $P < 0,01$; ** $P < 0,05$; ns = não significativo.

As três primeiras variáveis canônicas, explicaram 95,25% da variação total. No primeiro par de variáveis canônicas foi observado que a variável PCA, seguida por LG, obtiveram os maiores coeficientes canônicos padronizados, em módulo, e conseqüentemente, são as variáveis com maior grau de discriminação, resultado semelhante ao apresentado na Tabela 03, porém, em ordem inversa. Urbano et al. (2015), em seu estudo utilizando análise univariada, verificaram que o peso corporal ao abate sofreu um efeito linear decrescente com a substituição de milho por feno de manipueira, que pode estar associado ao reduzido consumo de matéria seca e, conseqüentemente, consumo de proteína e nutrientes digestíveis totais. Em ovinos jovens, o crescimento verdadeiro é acelerado e exige um suprimento total das exigências nutricionais para a deposição dos tecidos, em especial dos músculos, que ocorre em alta velocidade até que a maturidade seja atingida. Logo, a substituição do componente alimentar refletiu diretamente sobre o PCA, reafirmando a dependência direta do desempenho animal em relação ao consumo de nutrientes (CARNEIRO et al., 2004; MEDEIROS et al., 2009) utilizando a análise univariada, verificaram que tanto o PCA e quanto a PR não foram influenciados pela inclusão dos níveis de concentrado na dieta, bem como Lima Júnior et al. (2014), com a inclusão de feno de capim Tifton 85 e de Maniçoba.

Assim, com base nos coeficientes canônicos padronizados dispostos na Tabela 04 e considerando que a variável canônica 1 possui maior poder discriminante do que as demais, além de ser interpretada como o melhor discriminador linear não correlacionado para a população *g*, a função canônica discriminante foi disposta como:

$$VC_1 = 0,51PG - 0,52CEC - 0,20CP + 1,14LG + 0,66LT - 1,47PCA + 0,64PR + 0,26PCV$$

A magnitude dos coeficientes canônicos indica a importância de cada variável na obtenção da correlação máxima entre os conjuntos de variáveis *X* e *Y*. Al-Kandari & Jolliffe (1997) afirmam que os coeficientes canônicos são análogos ao *beta* da análise de regressão múltipla, pois eles indicam a contribuição de uma variável original na formação de sua respectiva variável canônica, com base na variância total.

A Tabela 05 contém as distâncias de Mahalanobis quadráticas pareadas (*pairwise*) e a probabilidade de significância pelo teste F ($p < 0,05$) entre os tratamentos, para o segundo conjunto de dados.

Tabela 05 – Distância de Mahalanobis quadráticas pareadas (acima da linha diagonal) e a probabilidade pelo teste F entre os tratamentos (abaixo da linha diagonal), para o segundo conjunto de dados.

	T1	T2	T3	T4	T5	T6
T1	0	5,68	50,35	33,98	28,39	41,04
T2	**	0	40,00	29,28	22,74	34,20
T3	***	***	0	4,07	7,47	21,11
T4	***	***	ns	0	5,15	15,72
T5	***	***	***	ns	0	12,09
T6	***	***	**	**	**	0

T1 - Palma forrageira associada ao feno de capim Tifton 85 (*Cynodon* spp.); T2 - Palma forrageira associada ao feno de Maniçoba (*Manihot pseudoglaziovii*); T3 - Feno moído de capim Tifton 85 e 20% de concentrado (composto de milho moído, farelo de soja e óleo vegetal); T4 - Feno moído de capim Tifton 85 e 40% de concentrado; T5 - Feno moído de capim Tifton 85 e 60% de concentrado; T6 - Feno moído de capim Tifton 85 e 80% de concentrado.
*** $P < 0,01$; ** $P < 0,05$; ns = não significativo.

Semelhante ao resultado da Tabela 02, a menor distância foi observada entre os tratamentos 03 e 04, porém não significativa ($p > 0,05$). Os tratamentos 04 e 05 apresentaram uma pequena distância, com ($p < 0,001$), confirmando que os níveis de inclusão de concentrado na dieta de 40 e 60% produzem resultados similares no desenvolvimento das características de medidas biométricas da carcaça e de desempenho animal. Também se verificou proximidade entre os tratamentos 01 e 02, com ($p < 0,001$), indicando que as dietas contendo feno de Tifton 85 e maniçoba provocam resultados semelhantes no desenvolvimento das características de medidas biométricas da carcaça e de desempenho animal. A maior distância foi observada entre os tratamentos 01 e 03, com a dissimilaridade constatada por meio do teste F ($p < 0,001$).

A Figura 02 ilustra a representação canônica dos tratamentos T1, T2, T3, T4, T5 e T6, por meio das variáveis canônicas 1 e 2.

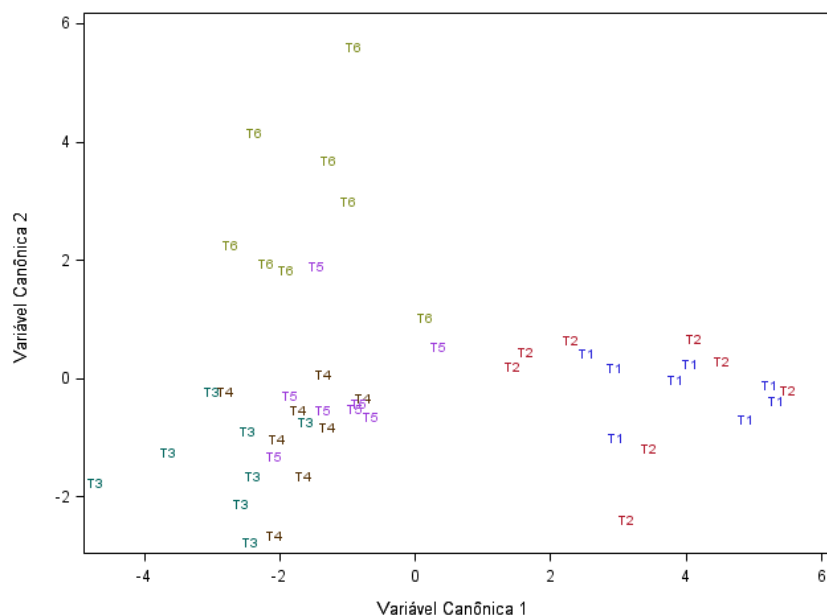


Figura 02 – Gráfico bidimensional da análise discriminante canônica de T1, T2, T3, T4, T5 e T6 baseada em todas as variáveis do segundo conjunto de dados.

Apesar da composição alimentar entre T3, T4, T5 e T6 ser mais semelhante por apenas variar o nível de inclusão de concentrado na dieta, é possível observar o distanciamento de T6 com os demais tratamentos, sendo o T5 aquele mais próximo ($D^2=12,09$). A composição alimentar entre T1 e T2 é bastante semelhante e pode ser uma justificativa para a proximidade entre os tratamentos ($D^2=5,68$). Na representação gráfica também é possível observar a proximidade entre T4 e T5 ($D^2=5,15$).

Quando se considera a utilização da análise discriminante canônica, é essencial que se tenha medido, nos elementos amostrais, variáveis que possam realmente distinguir as populações, caso contrário, a qualidade de ajuste da regra de discriminação estará comprometida. Um equívoco comum é o de pensar que o aumento do número de variáveis-resposta aumenta a capacidade de discriminação (MINGOTI, 2005). Nas duas análises realizadas sem e com seleção de variáveis é possível observar a diferença na determinação da variável com o maior poder discriminante.

CONCLUSÃO

A análise discriminante canônica foi eficiente na identificação das combinações lineares das variáveis que melhor promovem a discriminação entre os grupos.

As variáveis com maior poder discriminatório entre os tratamentos, selecionadas com base nos coeficientes canônicos padronizados, em ordem crescente de importância, foram o peso corporal ao abate e a largura de garupa, sendo esta última selecionada como a de maior poder discriminatório pelo método *stepwise*.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AL-KANDARI, N.M.; JOLLIFFE, I.T. Variable selection and interpretation in canonical correlation analysis. **Communications in Statistics - Simulation and Computation**, 26:3, 873-900, 1997.

ALMEIDA, E.C.J. Características de carcaça de galinha naturalizada Peloco comparada a linhagens de frango caipira. *Pesquisa agropecuária brasileira*, v.48, n.11, p.1517-1523, nov. 2013.

BEZERRA, S.B.L., et al. Medidas Morfométricas das Carcaças de Ovinos Submetidos a Dietas com Diferentes Níveis de Palma Forrageira. **Revista Científica de Produção Animal**, v.14, n.2, p.231-234, 2012.

BUENO, S.M.; CUNHA, L.E.; SANTOS, L.E. et al. Características de carcaças de cordeiros Suffolk abatidos em diferentes idades. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.6, p.1803-1810, 2000.

CAMACHO, A. Effect of breed (hair and wool), weight and sex on carcass quality of light lambs under intensive management. **Journal of Applied Animal Research**, v.43, n.4, p.479-486, 2015.

CARNEIRO, H. et al. Morphological characterization of sheep breeds in Brazil, Uruguay and Colombia. **Small Ruminant Research**, v. 94, p.58-65, 2010.

CARNEIRO, R. M., et al. Ganho de peso e eficiência alimentar de cordeiros de parto simples e duplo desmamados aos 63 dias e não desmamados. **Revista Brasileira de Agrociência**, v.10, n.2, p.227-230, 2004.

- DILLON, W.R.; GOLDSTEIN, M. **Multivariate Analysis: Methods and Applications**, 2d ed., John Wiley, New York, 462p, 1984.
- FISHER, R.A. The use multiple measurements in taxonomic problems. **Annals of Eugenics**, v. 7, p. 179-188, 1936.
- FONSECA, R. et al. Avaliação de frangos de corte utilizando técnicas de análise multivariada: I - Características de carcaça. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 54, n. 5, p. 525-529, 2002.
- GUSMÃO FILHO, J.D. et al. Análise fatorial de medidas morfométricas em ovinos tipo Santa Inês. **Archivos de Zootecnia**, v. 58, v.222, p. 289-292, 2009.
- JOHNSON, D.E. **Applied multivariate methods for data analysis**. New York: Duxbury Press, 1998.
- KHATTREE, R.; NAIK, D.N. **Multivariate data reduction and discrimination with SAS software**. Cary: SAS Institute Inc., 2000.
- LIMA JÚNIOR, D.M. et al. Effect of the replacement of Tifton 85 with maniçoba hay on the performance of Morada Nova sheep. **Tropical Animal e Health Production**, v. 46, n.6, p.995-1000, 2014.
- MCMANUS, C. et al. Avaliação ultrassonográfica da qualidade de carcaça de ovinos Santa Inês. **Ciência Animal Brasileira**, v.14, n.1, p. 8-16, 2013.
- MEDEIROS, G.R. et al. Efeito dos níveis de concentrado sobre as características de carcaça de ovinos Morada Nova em confinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.4, p.718-727, 2009.
- MINGOTI, S.A. **Análise de dados através de métodos de estatística multivariada: uma abordagem aplicada**. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2005.
- NOTTER, D.R. et al. Evaluation of Columbia, U.S. Meat Animal Research Center Composite, Suffolk, and Texel rams as terminal sires in an extensive rangeland production system: VI. Measurements of live-lamb and carcass shape and their relationship to carcass yield and value. **Journal of Animal Science**, v.92, p. 1980-1994, 2014.
- OSÓRIO, J.C.S. et al. **Qualidade, Morfologia e Avaliação de Carcaças**. Universidade Federal de Pelotas, Ed. Universitária, 2002. 194p.
- PAIM, T.P. et al. Performance, survivability and carcass traits of crossbred lambs from five paternal breeds with local hair breed Santa Inês ewes. **Small Ruminant Research**, v. 112, p. 28–34, 2013.

- PINHEIRO, R.S.B.; JORGE, A.M. Medidas biométricas obtidas in vivo e na carcaça de ovelhas de descarte em diferentes estágios fisiológicos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.2, p.440-445, 2010.
- RAUSCH, J. R.; KELLEY, K. A comparison of linear and mixture models for discriminant analysis under nonnormality. **Behavior Research Methods**, v.41, n.1, p.85-98, 2009.
- ROSÁRIO, M.F. et al. Canonical discriminant analysis applied to broiler chicken performance. **Animal**, n.2, v.3, p. 419-424, 2008.
- SAÑUDO, C. et al. Carcass characteristics and instrumental meat quality of suckling kids and lambs. **Spanish Journal of Agricultural Research**, v.10, n.3, p.690-700, 2012.
- SAS Institute Inc. **SAS/STAT 14.1 User's guide**. Cary, NC: SAS Institute Inc. 2015.
- SILVA SOBRINHO, A.G. Aspectos quantitativos e qualitativos da produção de carne ovina. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 41, 2001, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 2001. p.425-446.
- SILVA, L.F.; PIRES, C.C. Avaliações quantitativas e predição das proporções de osso, músculo e gordura da carcaça em ovinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.4, p.1253-1260, 2000.
- SILVA, M.C. et al. Morphometric traits in Crioula Lanada ewes in Southern Brazil. **Small Ruminant Research**, v.110, p. 15-19, 2013.
- URBANO, S.A., et al. Características de carcaça e composição tecidual de ovinos Santa Inês alimentados com manipueira. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.10, n.3, p.466-472, 2015.
- YAKUBU, A. et al. Discriminant analysis of morphometric differentiation in the West African Dwarf and Red Sokoto goats. **South African Journal of Animal Science**, v.40, n.4, p.381-387, 2010.

CAPÍTULO IV

Aplicação de técnicas multivariadas para a caracterização de carcaça de ovinos da raça Morada Nova III: Análise de correlação canônica

Aplicação de técnicas multivariadas para a caracterização de carcaça de ovinos da raça Morada Nova III: Análise de correlação canônica

RESUMO

Uma boa conformação na carcaça ovina resulta em maior valorização do produto final. Dessa maneira, o objetivo deste trabalho foi identificar e quantificar a associação entre características biométricas e rendimento cortes cárneos de 48 ovinos da raça Morada Nova, com idade média de oito meses. Foram utilizados registros de 15 características (profundidade torácica - PFT, perímetro torácico - PT, perímetro de perna - PP, perímetro de garupa - PG, comprimento externo da carcaça - CEC, comprimento interno da carcaça - CIC, comprimento da perna - CP, largura de garupa - LG, largura torácica - LT, rendimento de pescoço - RPes, rendimento de paleta - RPal, rendimento de serrote - RSer, rendimento de lombo - RLOm, rendimento de costilhar - RCostil e rendimento de perna - RPer). As variáveis foram divididas em dois conjuntos (medidas biométricas (X) e rendimento de cortes (Y)), a fim de estimar as correlações canônicas entre os dois grupos de (W_kV_k), e avaliar o grau de associação entre eles. Apenas o primeiro par canônico foi significativo, com coeficiente de correlação canônica de 0,86, o que indica alta associação entre as características de medidas biométricas e de rendimento dos cortes cárneos. A proporção da variância compartilhada entre W_1V_1 , dada pelo coeficiente de correlação canônica ao quadrado (r^2), foi de 0,74, isto é, 74% da variação de W_1 é explicada pela variação de V_1 , o que indica a existência de uma alta associação entre os conjuntos de variáveis X e Y . Considerando os coeficientes canônicos padronizados, LG e CP foram as variáveis que mais contribuíram na formação de V_1 e RSer e RPal foram as variáveis que mais contribuíram na formação de W_1 . Utilizando o cálculo das correlações das variáveis canônicas com as variáveis originais para a interpretação das variáveis canônica, observou-se que LG e CP também foram as variáveis que mais contribuíram para a formação de V_1 , enquanto que RPal e RSer foram as variáveis mais importantes na formação de W_1 .

Palavras-chave: medidas biométricas, ovinocultura, variáveis canônicas

**Multivariate techniques applied for the carcass characterization of Morada
Nova sheep III: canonical correlation analysis**

ABSTRACT

A good conformation in the sheep carcass results in greater appreciation of the final product. Thus, the aim of this study was to identify and quantify the association between biometric measures and meat cuts yield traits of 48 Morada Nova sheep animals, with a mean age of eight months. We used records of 15 traits (thorax depth - TD, thorax perimeter - TP, leg perimeter - LP, hind perimeter - HP, carcass external length - CEL, carcass internal length - CIL, leg length - LL, hind width - HW, thorax width - TW, neck yield - NY, shoulder yield - SY, sawcut yield - SCY, loin yield - LY, ribs yield - RY, leg yield - LEY). The variables were divided into two sets (biometric measures (X) and meat cut yields (Y)), in order to estimate the canonical correlations between them ($W_k V_k$) and evaluate the degree of association between the two groups. Only the first canonical pair was significant with coefficient of 0.86, indicating a high association between the biometric measurements (X) and the meat cut yield traits (Y). The proportion of the shared variance between $W_1 V_1$, given by the canonical correlation coefficient squared (r^2), was 0.74. That is, 74% of the variation of W_1 is explained by the variation of V_1 , which indicates the existence of a high association between the sets of variables X and Y. Considering the standardized canonical coefficients, HW and LL were the variables that have the biggest contribution in the formation of V_1 and SCY and SY were the variables that have the biggest contribution in the formation of W_1 . Based on correlation between canonical variable and the original ones for the interpretation of canonical variables, the HW and LL most contributed to perform V_1 , whereas SY and SCY were the most important variables to perform W_1 .

Keywords: canonical variables, carcass, multivariate analysis, sheep

INTRODUÇÃO

O estudo da qualidade de carcaça em geral tem como finalidade avaliar parâmetros subjetivos e objetivos, os quais estão relacionados com aspectos qualitativos e quantitativos das mesmas. A utilização de medidas biométricas como forma de avaliação objetiva da conformação da carcaça tem se tornado cada vez mais frequente por ser uma técnica simples e que permite comparações entre tipos raciais, pesos, idades de abate e sistemas de alimentação. A mensuração é feita na carcaça inteira, na meia carcaça e em algumas regiões específicas, devendo as mesmas estarem suspensas pelo tendão calcâneo comum, envolvendo as medidas de profundidade do tórax, comprimento interno de carcaça, largura de garupa, entre outras (CEZAR & SOUSA, 2007).

As medidas da carcaça, quando combinadas com o peso, são preditores satisfatórios de gordura, músculo e osso. O conhecimento dos pesos e rendimento dos principais cortes da carcaça também permite a interpretação do desempenho animal. Os únicos cortes padronizados na maior parte das regiões criatórias de ovinos no Brasil são a paleta, a perna e o lombo, considerados cortes de primeira. Os demais cortes variam muito, em função dos costumes regionais (GARCIA et al., 2003).

Em estudos com características de carcaça, geralmente se dispõe de grande número de variáveis altamente correlacionadas, o que torna difícil a interpretação por meio de análises univariadas. Assim, melhor interpretação do conjunto de dados pode ser obtida por meio das técnicas multivariadas, pois permitem a análise simultânea de múltiplas variáveis de um mesmo indivíduo, levando em consideração a correlação existente entre eles.

A correlação linear é utilizada, geralmente, para determinar o grau e a direção das relações entre pares de variáveis. A correlação canônica determina a associação entre conjuntos de variáveis, além de quantificar a porcentagem de variância comum entre os conjuntos. Neste tipo de análise, a correlação máxima entre dois conjuntos de variáveis é estimada por meio de combinações lineares das variáveis originais (variáveis canônicas) (VENTURA et al., 2011).

A abordagem do uso das análises multivariadas com medidas biométricas de ovinos tem sido bastante usada no Brasil (GUSMÃO FILHO et al., 2009; CARNEIRO et al., 2010; SILVA et al., 2013) e em outros países (HERRERA et al., 1996; BILGIN et al., 2003; EMSEN & DAVIS, 2004; KESKIN et al., 2005; MUSA et al., 2006; TRAORÉ et

al., 2008; YAPRAK et al. 2008; KESKIN & DAG, 2009; YAKUBU et al., 2010; SAHIN et al., 2011; BIRTEEB et al., 2013). Contudo, apesar de sua grande importância, estudos de correlação canônica com características de carcaça de ovinos no Brasil ainda são escassos.

Assim, o objetivo deste trabalho foi identificar e quantificar a associação entre os conjuntos de características das medidas biométricas e de rendimento de cortes cárneos de ovinos da raça Morada Nova.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizadas informações de 48 ovinos machos da raça Morada Nova, com aproximadamente oito meses de idade, provenientes dos estudos realizados por Medeiros et al. (2009) e Lima Júnior et al. (2014). O banco de dados continha registros de 15 características referentes a carcaça de ovinos (profundidade torácica - PFT, perímetro torácico - PT, perímetro de perna - PP, perímetro de garupa - PG, comprimento externo da carcaça - CEC, comprimento interno da carcaça - CIC, comprimento da perna - CP, largura de garupa - LG, largura torácica - LT, rendimento de pescoço - RPes, rendimento de paleta - RPal, rendimento de serrote - RSer, rendimento de lombo - RLOm, rendimento de costilhar - RCostil e rendimento de perna - RPer).

A partir do banco de dados original, dois conjuntos de características (variáveis) foram criados, sendo o primeiro referente as medidas biométricas (X) (PFT, PT, PP, PG, CEC, CIC, CP, LG, LT) e o segundo referente ao rendimento dos cortes cárneos (Y) (RPes, RPal, RSer, RLOm, RCostil, RPer). Esses dois conjuntos de variáveis foram submetidas a análise de correlação canônica, visando examinar a associação entre os dois conjuntos de variáveis.

Foi usada a análise de correlação canônica com o objetivo de estudar a associação entre dois conjuntos de variáveis X (PFT, PT, PP, PG, CEC, CIC, CP, LG, LT) e Y (RPes, RPal, RSer, RLOm, RCostil, RPer), por meio da análise de suas combinações lineares ($W_k V_k$), denominadas de variáveis canônicas. Em cada estágio da análise, duas combinações lineares foram construídas, uma relativa às variáveis de X e outra relativa

às variáveis do grupo Y , isto é, em cada estágio da análise foi construído um par de variáveis canônicas, as quais foram definidas por:

$$V_k = a'_k X_p$$

$$W_k = b'_k Y_q$$

Sendo $p = 9$ (medidas biométricas), $q = 6$ (rendimento dos cortes cárneos), $k = 1, 2, \dots, \min(p, q)$ e a'_k e b'_k são vetores de constantes com dimensões $p \times 1$ e $q \times 1$, respectivamente, denominados de coeficientes canônicos e, escolhidos de modo que a correlação entre as variáveis V_k e W_k seja maximizada no conjunto das combinações lineares de X e Y . Essas combinações lineares tem variâncias iguais a 1 e são não-correlacionadas com as demais variáveis canônicas. As correlações entre as variáveis V_k e W_k são chamadas de correlações canônicas (r) e foram obtidas a fim de quantificar as associações entre os conjuntos de variáveis X e Y . Assim, por definição, tem-se que:

$$r_{V_k W_k} = \frac{Cov(W, V)}{\sqrt{Var(W)}\sqrt{Var(V)}}$$

A correlação canônica ao quadrado (r^2) também foi calculada a fim de se obter a proporção da variância compartilhada entre as variáveis canônicas.

Foi calculada a porcentagem da variância explicada para as variáveis canônicas V_k e W_k , determinada por:

$$W_{X_k}^2 = \frac{\sum_{j=1}^p a_{ij}^2}{p}$$

$$V_{Y_k}^2 = \frac{\sum_{j=1}^q b_{ij}^2}{q}$$

As análises estatísticas foram realizadas por meio do procedimento CANCERR, disponível no pacote estatístico SAS (Statistical Analysis System, versão 9.4). O procedimento CANCERR utiliza quatro testes estatísticos Lambda de Wilks (razão de verossimilhança), Teste de Pillai, Traço de Hotelling-Lawley e Teste de Roy a fim de se

testar hipótese lineares nas análises multivariadas (KHATTREE & NAIK, 2000). Para tanto, o teste da razão de verossimilhança, cuja estatística é denominada Λ (lâmbda) de Wilks, foi utilizado para verificar a significância da correlação canônica entre as respectivas variáveis canônicas. Assim, as hipóteses foram definidas como H_0 : todas as correlações canônicas são iguais a zero; e H_a : as correlações canônicas são diferentes de zero.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As médias e os desvio-padrões das variáveis estudadas para os ovinos da raça Morada Nova são apresentadas na Tabela 1. Com base na variabilidade relativa verificou-se que, as características LT, RSer e RLom apresentaram coeficientes de variação (CV) superiores a 15%, com maior valor observado LT, variável de maior instabilidade.

Tabela 1 – Média, desvio-padrão, mínimo, máximo e coeficiente de variação para as características de medidas biométricas e de rendimento de cortes cárneos de ovinos da raça Morada Nova.

Variável	Média	Desvio-Padrão	Mínimo	Máximo	Coefficiente de variação
PFT (cm)	25,16	1,22	22,80	28,50	4,83
PT (cm)	65,72	2,53	57,50	70,00	3,85
PP (cm)	28,97	1,74	25,50	34,00	5,99
PG (cm)	55,50	2,14	51,50	61,00	3,85
CEC (cm)	54,48	1,97	50,00	58,00	3,61
CIC (cm)	56,35	1,93	51,50	60,20	3,43
CP (cm)	33,94	1,63	31,60	39,40	4,81
LG (cm)	14,94	1,53	12,50	19,10	10,27
LT (cm)	19,69	3,14	11,50	29,50	15,94
RPes (%)	11,12	1,63	8,54	15,50	14,62
RPal (%)	18,87	1,77	15,23	22,83	9,35
RSer (%)	11,89	1,85	7,62	14,85	15,56
RLom (%)	8,96	1,37	6,13	11,45	15,26
RPer (%)	31,50	1,23	29,19	34,83	3,90
RCostil (%)	17,65	1,57	12,53	20,55	8,88

Profundidade torácica - PFT, perímetro torácico - PT, perímetro de perna - PP, perímetro de garupa - PG, comprimento externo da carcaça - CEC, comprimento interno da carcaça - CIC, comprimento da perna - CP, largura de garupa - LG, largura torácica - LT, rendimento de pescoço - RPes, rendimento de paleta - RPal, rendimento de serrote - RSer, rendimento de lombo - RLom, rendimento de perna - RPer e rendimento de costilhar - RCostil.

Os coeficientes canônicos padronizados, a correlação canônica, a correlação canônica ao quadrado e o teste estatístico para os pares canônicos, referentes aos conjuntos de variáveis (W_kV_k) são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 – Coeficientes canônicos padronizados, correlação canônica (r), correlação canônica quadrática (r^2), teste F e lâmbda de Wilks (Λ) entre as variáveis originais e os pares canônicos (W_kV_k).

Variáveis	Pares canônicos					
	W_1V_1	W_2V_2	W_3V_3	W_4V_4	W_5V_5	W_6V_6
PFT	0,19	0,45	-1,22	0,35	0,01	-0,01
PT	-0,27	-0,14	0,00	0,63	0,26	-1,32
PP	-0,03	0,46	0,90	0,11	0,21	0,57
PG	0,16	-0,16	0,20	0,01	0,43	-0,12
CEC	-0,28	0,46	-0,20	-0,02	-0,62	0,37
CIC	0,05	-0,63	-0,02	0,38	-0,06	1,02
CP	0,30	0,52	0,07	0,05	-0,91	-0,54
LG	0,36	-0,32	0,75	0,04	0,37	0,29
LT	-0,01	-0,38	0,40	-0,34	-0,57	0,40
RPes	-11,41	-20,76	26,31	179,05	-9,98	-14,77
RPal	-12,19	-21,25	30,00	194,29	-10,09	-15,40
RSer	-13,48	-22,69	30,88	203,56	-10,88	-17,44
RLom	-9,96	-16,78	22,11	150,44	-7,84	-11,34
RPer	-8,67	-14,56	19,59	135,83	-8,04	-11,36
RCostil	-11,27	-18,99	26,07	172,46	-10,36	-13,63
r	0,86	0,60	0,46	0,42	0,29	0,06
r^2	0,74	0,35	0,21	0,17	0,09	0,00
F	1,84**	0,93 ^{ns}	0,70 ^{ns}	0,60 ^{ns}	0,35 ^{ns}	0,04 ^{ns}
Λ	0,09**	0,38 ^{ns}	0,59 ^{ns}	0,75 ^{ns}	0,91 ^{ns}	0,99 ^{ns}

Profundidade torácica - PFT, perímetro torácico - PT, perímetro de perna - PP, perímetro de garupa - PG, comprimento externo da carcaça - CEC, comprimento interno da carcaça - CIC, comprimento da perna - CP, largura de garupa - LG, largura torácica - LT, rendimento de pescoço - RPes, rendimento de paleta - RPal, rendimento de serrote - RSer, rendimento de lombo - RLom, rendimento de perna - RPer e rendimento de costilhar - RCostil.

**Significativo a 1% ($P < 0,01$); ns - Não-significativo a 5% ($P > 0,05$).

Observou-se efeito significativo do teste Wilk's e F ($p < 0,01$) para o primeiro par canônico, o que indica uma forte correlação entre as medidas biométricas e os rendimentos de cortes cárneos. Apenas o primeiro par canônico foi significativo, com o coeficiente de correlação canônica de 0,86, o que indica alta associação entre as medidas biométricas e aquelas referentes ao rendimento dos cortes cárneos (W_1V_1).

A correlação entre W_1 e V_1 é maximizada e cada função é ortogonal e não correlacionada com as demais funções obtidas (DATALLO, 2014). A proporção da variância compartilhada entre as duas variáveis canônicas para o primeiro par canônico, dada pelo coeficiente de correlação canônica ao quadrado (r^2), foi de 0,74. Isto é, 74% da variação de W_1 é explicada pela variação de V_1 , o que indica a existência de uma alta associação entre os conjuntos de variáveis X e Y .

Ainda com base na Tabela 2, os coeficientes canônicos padronizados para o primeiro par canônico V_1 e W_1 são funções lineares (canônicas) e podem ser descritas como a seguir:

$$V_1 = 0,19PFT - 0,27PT - 0,03PP + 0,16PG - 0,28CEG + 0,05CIC + 0,30CP \\ + 0,36LG - 0,01LT$$

$$W_1 = -11,41RPes - 12,19RPal - 13,48RSer - 9,96RLom - 8,67RPer - 11,27RCostil$$

A magnitude dos coeficientes canônicos indica a importância de cada variável na obtenção da correlação máxima entre os conjuntos de variáveis X e Y . Al-Kandari & Jolliffe (1997) afirmaram que os coeficientes canônicos são análogos ao parâmetro beta da análise de regressão múltipla, pois eles indicam a contribuição de uma variável na formação de sua respectiva variável canônica, com base na variância total. Assim, as variáveis originais com coeficientes canônicos padronizados mais elevados possuem maior contribuição na formação de sua respectiva variável canônica. Observou-se que a largura de garupa (LG) e o comprimento de perna (CP) foram as variáveis que mais contribuíram para a formação de V_1 .

A relação largura da garupa e comprimento da perna é utilizada para avaliar e estimar a conformação da região posterior do animal, de modo que, quanto maior for essa relação, melhor será a conformação ou compacidade da perna, a qual incidirá positivamente no valor comercial da carcaça (OLIVEIRA et al., 2002; MEDEIROS et al., 2009). Estes autores ainda ressaltaram que a perna é o corte mais importante da carcaça devido ao seu maior rendimento de carne, implicando assim em maior valor comercial.

A maioria dos sistemas de produção de carne ovina utiliza o rendimento comercial como unidade de comercialização (MORENO et al., 2010). Assim, observou-se que as

variáveis rendimento de serrote (RSer) e rendimento de paleta (RPal) foram as que mais contribuíram para a formação de W_1 (rendimentos de cortes cárneos).

O valor comercial de uma carcaça é avaliado pela proporção dos seus cortes nobres, com grande participação da paleta, pernil e lombo. De acordo com Cezar & Sousa (2007), o pescoço e serrote são os cortes menos valorizados, considerados de terceira categoria, por apresentar maior proporção de osso, gordura e tendões. Contudo, Mattos et al. (2006) afirmaram que a preferência dos consumidores por determinados cortes comerciais, pode variar entre as regiões do país. A exemplo, na região Nordeste, a costela é bastante valorizada no mercado, alcançando muitas vezes, valor de mercado semelhante ao quilograma do pernil.

Medeiros et al. (2009), afirmaram que a deposição de músculos e de tecido adiposo na perna pode não ocorrer em tempo suficiente para o perímetro da perna atingir maiores valores, apesar do abate dos animais ter ocorrido entre 53 e 75 dias após a entrada no confinamento, o que pode ter acarretado a baixa contribuição de PP e RPER em suas respectivas variáveis. Além disso, é importante considerar que os animais da raça Morada Nova são explorados para a produção de carne, leite e couro, o que também justifica os menores rendimentos dos cortes de primeira quando comparado àquelas raças especializadas e, portanto, exploradas tão somente para esta finalidade. Assim

Embora os coeficientes canônicos padronizados indiquem a participação da variável original em suas respectivas variáveis canônicas, de acordo com Ventura et al. (2011), o uso exclusivo deste parâmetro para interpretação das variáveis canônicas não é recomendado. De acordo com Hair et al. (2009), um coeficiente canônico com baixo valor pode indicar que sua variável correspondente é irrelevante. No entanto, multicolinearidade entre as variáveis originais pode ser a causa dos baixos coeficientes. Esses autores ainda afirmam que os coeficientes canônicos padronizados estão sujeitos a uma considerável instabilidade (variabilidade) entre amostras. No entanto, Al-Kandari & Jolliffe (1997) afirmaram que essa instabilidade está associada a existência de multicolinearidade entre as variáveis originais. Assim, o uso de outras metodologias é necessário para auxiliar o pesquisador na identificação das relações entre os pares canônicos. Uma delas é o cálculo das correlações das variáveis canônicas com as variáveis originais, chamadas de correlações estruturais canônicas (Tabela 3).

Tabela 3 – Correlação canônica entre as medidas biométricas e suas variáveis canônicas (V_1) e entre as características de rendimento de cortes e suas variáveis canônicas (W_1).

Variável	V_1	Variável	W_1
PFT	0,59	RPes	0,68
PT	-0,41	RPal	0,92
PP	-0,22	RSer	-0,86
PG	0,39	RLom	-0,73
CEC	-0,57	RPer	0,46
CIC	-0,02	RCostil	-0,45
CP	0,75		
LG	0,88		
LT	0,04		

Profundidade torácica - PFT, perímetro torácico - PT, perímetro de perna - PP, perímetro de garupa - PG, comprimento externo da carcaça - CEC, comprimento interno da carcaça - CIC, comprimento da perna - CP, largura de garupa - LG, largura torácica - LT, rendimento de pescoço - RPes, rendimento de paleta - RPal, rendimento de serrote - RSer, rendimento de lombo - RLom, rendimento de perna - RPer e rendimento de costilhar - RCostil.

Observou-se que LG e CP (Tabela 3) foram as variáveis que mais contribuíram na formação de V_1 , enquanto que RPal e RSer foram as variáveis mais importantes na formação de W_1 . Logo, pode-se afirmar que a largura de garupa e comprimento de perna são correlacionados com o rendimento de paleta e de serrote, uma vez que V_1 e W_1 são correlacionados ($r = 0,86$).

Com base na Tabela 3, obteve-se a porcentagem da variância explicada pela variável canônica W_1V_1 :

$$W_1^2 = \frac{(0,68)^2 + (0,92)^2 + (-0,86)^2 + (0,73)^2 + (0,46)^2 + (-0,45)^2}{6} = 0,50$$

$$V_1^2 = \frac{(0,59)^2 + (-0,41)^2 + \dots + (0,88)^2 + (0,04)^2}{9} = 0,26$$

Assim, 50% da variância das características de rendimento dos cortes (V_1) é explicada pela variável canônica W_1 e 26% da variância das medidas biométricas (W_1) é explicada pela variável canônica V_1 .

Neste estudo observou-se semelhança na interpretação de W_1 e V_1 tanto com base nos coeficientes canônicos padronizados quanto com base nas correlações das variáveis canônicas com as variáveis originais. No entanto, Barbosa et al. (2010) comentam que a interpretação das variáveis canônicas com base nos coeficientes canônicos padronizados é diferente daquela feita a partir das correlações das variáveis canônicas com as variáveis originais. Enquanto as correlações estruturais canônicas ignoram a presença das outras variáveis, os coeficientes canônicos padronizados determinam a contribuição de cada variável na presença de todas as outras variáveis (AL-KANDARI & JOLLIFFE, 1997; HAIR et al., 2009). No caso, de se obter resultados distintos, é mais sensato optar pela interpretação com base nos coeficientes padronizados canônicos ao invés das correlações estruturais canônicas.

Barbosa et al. (2010) relataram que a interpretação das soluções canônicas é considerada um problema para alguns pesquisadores. Isso se deve ao fato de que a análise pode identificar várias correlações que, embora estatisticamente significativas, associam as variáveis utilizadas de forma bastante heterogênea e, conseqüentemente, difícil de ser interpretada. Neste estudo, o uso da análise de correlação canônica foi eficaz para se conhecer a natureza e a magnitude da associação entre os grupos de características de medidas biométricas e rendimento de cortes cárneos.

CONCLUSÃO

É possível prever os rendimentos dos cortes cárneos com base nas medidas biométricas da carcaça por existir alta associação entre os dois grupos de características, uma vez que coeficiente de correlação canônica entre esses dois grupos foi alto e positivo.

A interpretação de W_1 e V_1 foi semelhante tanto com base nos coeficientes canônicos padronizados quanto com base nas correlações das variáveis canônicas com as variáveis originais. Assim, a largura de garupa e comprimento de perna são as variáveis

que mais contribuíram para a formação de V_1 e o rendimento de paleta e de serrote são as variáveis que tiveram maior participação na formação de W_1 .

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AL-KANDARI, N. M. & JOLLIFFE, I. T. Variable selection and interpretation in canonical correlation analysis. **Communications in Statistics - Simulation and Computation**, v. 26, n. 3, p. 873-900, 1997.

BARBOSA, L. T. et al. Associação entre qualidade da carne e características quantitativas de suínos por meio de correlação canônica. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.11, n.4, p.1150-1162, 2010.

BILGIN, O. C.; EMSEN, E.; DAVIS, M. E. An application of canonical correlation analysis to relationships between the head and scrotum measurements in Awassi fat tailed lambs. **Journal of Animal and Veterinary Advances**, v. 2, p. 343-349, 2003.

BIRTEEB, P. T. et al. Multivariate characterization of the phenotypic traits of Djallonke and Sahel sheep in Northern Ghana. **Tropical Animal Health and Production**, v.45, p.267-274, 2013.

CARNEIRO, H. et al. Morphological characterization of sheep breeds in Brazil, Uruguay and Colombia. **Small Ruminant Research**, v. 94, p.58-65, 2010.

CEZAR, M. F.; SOUSA, W. H. **Carcaças ovinas e caprinas: obtenção, avaliação e classificação**. Uberaba: Agropecuária Tropical, 2007. 147p

DATTALO, P. **A demonstration of canonical correlation analysis with orthogonal rotation to facilitate interpretation**. Unpublished manuscript, School of Social Work, Virginia Commonwealth University, Richmond, Virginia, 2014. Disponível em: >http://scholarscompass.vcu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1001&context=socialwork_pubs >

EMSEN, E.; DAVIS, M. E. Canonical correlation analyses of testicular and body measurements of Awassi ram lambs. **Journal of Animal and Veterinary Advances**, v.3, p. 842-845, 2004.

GARCIA, C .A. et. al. Medidas objetivas e composição tecidual da carcaça de cordeiros alimentados com diferentes níveis de energia em creep feeding. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 32, n. 6, p. 1380-1390, 2003.

GUSMÃO FILHO, J. D. et al. Análise fatorial de medidas morfométricas em ovinos tipo Santa Inês. **Archivos de Zootecnia**, v. 58, v.222, p. 289-292, 2009.

HAIR JR., J. F. et al. **Análise multivariada de dados**. 6.ed. Porto Alegre: Bookman, 2009.

HERRERA, M. Application of multifactorial discriminant analysis in the morphostructural differentiation of Andalusian caprine breeds. **Small Ruminant Research**, v.22, p.39-47, 1996.

KESKIN, I.; DAG, B. Investigation of relationship amongst milk and wool yield traits of Awassi sheep by using canonical correlation analysis. **Journal of Animal and Veterinary Advances**, v.8, n.3, p. 464-468, 2009.

KESKIN, S.; KOR, A.; BASPINAR, E. The investigation of relationships between some traits measured pre-slaughtering and post-slaughtering by using of canonical correlation analysis in Akkeci kids. **Journal of Agricultural Sciences**, v.11, p.154-159, 2005.

KHATTREE, R.; NAIK, D. N. **Multivariate data reduction and discrimination with SAS software**. Cary: SAS Institute Inc., 2000.

LIMA JÚNIOR, D. M. et al. Effect of the replacement of Tifton 85 with maniçoba hay on the performance of Morada Nova sheep. **Tropical Animal e Health Producion**, v. 46, n.6, p.995-1000, 2014.

MATTOS, C. W. et al. Características de carcaça e dos componentes não-carcaça de cabritos Moxotó e Canindé submetidos a dois níveis de alimentação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, n. 5, p. 2125-2134, 2006.

MEDEIROS, G. R. et al. Efeito dos níveis de concentrado sobre as características de carcaça de ovinos Morada Nova em confinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.4, p.718-727, 2009.

MORENO, G. M. B. et al. Rendimentos de carcaça, composição tecidual e musculabilidade da perna de cordeiros alimentados com silagem de milho ou cana-de-açúcar em dois níveis de concentrado. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.62, n.3, p.686-695, 2010.

MUSA, H. H. et al. Body measurements of West African sheep in Sudan journal. **Journal of Animal and Veterinary Advances**, v.5, n.4, p.: 298-300, 2006.

- OLIVEIRA, M. V. M. et al. Rendimento de Carcaça, Mensurações e Peso de Cortes Comerciais de Cordeiros Santa Inês e Bergamácia Alimentados com Dejetos de Suínos em Confinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.3, p.1451-1458, 2002.
- SAHIN, M., et al. Canonical correlation analysis for estimation of relationships between some traits measured at weaning time and six-month age in merino lambs. **Bulgarian Journal of Agricultural Science**, v.17, p. 680-686, 2011.
- SAS, SAS/STAT User's guide. Version 9.4. Cary: SAS Institute Inc. 2015.
- SILVA, M. C. et al. Morphometric traits in Crioula Lanada ewes in Southern Brazil. **Small Ruminant Research**, v.110, p. 15-19, 2013.
- TRAORÉ, A. et al. Multivariate characterization of morphological traits in Burkina Faso sheep. **Small Ruminant Research**, v.80, p.62-67, 2008.
- VENTURA, H. T. et al. A canonical correlation analysis of the association between carcass and ham traits in pigs used to procedure dry-cured ham. **Genetics and Molecular Biology**, v.34, n.3, p. 451-455, 2011.
- YAKUBU, A. et al. Discriminant analysis of morphometric differentiation in the West African Dwarf and Red Sokoto goats. **South African Journal of Animal Science**, v.40, n.4, p.381-387, 2010.
- YAPRAK, M. et al. Canonical correlation analysis of body measurements, growth performance and carcass traits of Red Karaman lambs. **Journal of Animal and Veterinary Advances**, v.7, n.2, p.130-136, 2008.

CONSIDERAÇÕES FINAIS E IMPLICAÇÕES

As técnicas multivariadas analisam, simultaneamente, múltiplas medidas dos indivíduos (ou objetos) sob investigação, considerando as correlações existentes entre eles. As técnicas multivariadas possuem naturezas diversas e devem ser utilizadas de acordo com o objetivo da pesquisa. A aplicação de algumas delas pode ser restringida pela natureza dos dados - qualitativos ou quantitativos. Assim, a escolha da técnica é justificada basicamente pelo que se pretende investigar por meio de um conjunto de dados.

Escolher uma determinada técnica não implica em excluir a combinação de uma segunda técnica para atingir resultados. Uma análise conjunta, quando bem estruturada, pode revelar melhores respostas para uma análise uma vez que muitas das técnicas estatísticas multivariadas são complementares.

Uma outra importante particularidade da análise multivariada é a criação da variável estatística, que consiste em uma combinação linear das variáveis originais com pesos determinados empiricamente e correlacionadas entre si. O resultado da combinação linear é o alcance de um único valor, que representa a combinação do conjunto inteiro de variáveis e que melhor atinge o objetivo específico da análise multivariada.

Deste modo, podemos concluir que a aplicação das técnicas multivariadas de componentes principais, correlação canônica e discriminante canônica no estudo de caracterização da carcaça de ovinos da raça Morada Nova foi eficiente, uma vez que atendeu a todos os objetivos propostos, além de reduzir a dimensionalidade dos dados originais para um pequeno número de variáveis estatísticas e também indicar as variáveis originais que mais contribuíram para a formação das variáveis estatísticas, em cada uma das situações apresentadas nos três últimos capítulos deste trabalho.

Os resultados obtidos neste trabalho colaboram com o preenchimento da lacuna existente no estudo de caracterização de carcaça ovina e o uso de técnicas estatísticas multivariadas, especialmente no Brasil e também poderão servir como base para futuros estudos nesta área de conhecimento.