



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
PROGRAMA DE DOUTORADO INTEGRADO EM ZOOTECNIA**

**CARACTERÍSTICAS DE CARÇA DE CAPRINO EM FUNÇÃO DO SEXO E DA
IDADE DO ANIMAL: UMA VISÃO MULTIVARIADA**

ELIZABETE CRISTINA BATISTA DA COSTA MACENA

**AREIA
2020**



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
PROGRAMA DE DOUTORADO INTEGRADO EM ZOOTECNIA**

**CARACTERÍSTICAS DE CARCAÇA DE CAPRINO EM FUNÇÃO DO SEXO E DA
IDADE DO ANIMAL: UMA VISÃO MULTIVARIADA**

ELIZABETE CRISTINA BATISTA DA COSTA MACENA
Zootecnista

**AREIA
2020**

ELIZABETE CRISTINA BATISTA DA COSTA MACENA

**CARACTERÍSTICAS DE CARÇA DE CAPRINO EM FUNÇÃO DO
SEXO E DA IDADE DO ANIMAL: UMA VISÃO MULTIVARIADA**

Tese apresentada ao Programa de
Doutorado Integrado em Zootecnia da
Universidade Federal da Paraíba,
Universidade Federal do Ceará como
requisito parcial para obtenção do título
de Doutora em Zootecnia.

Orientador: Prof. Dr. Roberto Germano
Costa

Coorientador: Prof. Dr. Wandrick Hauss
de Sousa

Prof. Dr Felipe Queiroga Cartaxo

**AREIA
2020**

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

M141c Macena, Elizabete Cristina Batista da Costa.

Características de carcaça de caprino em função do sexo
e da idade do animal: uma visão multivariada /

Elizabete Cristina Batista da Costa Macena. -
Areia:UFPB/CCA, 2020.

136 f. : il.

Orientação: Roberto Germano Costa.

Coorientação: Wandrick Hauss de Sousa, Felipe Queiroga

UFPB/CCA-AREIA

CDU 636(043.2)



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE DOUTORADO INTEGRADO EM ZOOTECNIA
UFPB-UFC
PARECER DE DEFESA DO TRABALHO DE TESE**

TÍTULO: “CARACTERIZAÇÃO DE CARCAÇA DE CAPRINO COM EFEITO, DE SEXO E IDADE: UMA VISÃO MULTIVARIADA”.

AUTOR: ELIZABETE CRISTINA BATISTA DA COSTA MACENA

ORIENTADOR: Prof. Dr. Roberto Germano Costa

J U L G A M E N T O

CONCEITO: APROVADO

EXAMINADORES:

Prof. Dr. Roberto Germano Costa
Presidente
Universidade Federal da Paraíba/UFPB

Dra. Neila Lidiany Ribeiro
Examinadora
Instituto Nacional do Semiárido/INSA

Prof. Dr. Francisco Fernando Ramos de Carvalho
Examinador
Universidade Federal Rural do Pernambuco/UFRPE

Prof. Dr. Severino Gonzaga Neto
Examinador
Universidade Federal da Paraíba/UFPB

Prof. Dr. Geovergue Rodrigues Medeiros
Examinador
Instituto Nacional do Semiárido/INSA

Areia, 18 de setembro de 2020.

DADOS CURRICULARES DA AUTORA

ELIZABETE CRISTINA BATISTA DA COSTA MACENA, filha de Antônio da Costa e Maria José Batista da Costa, nasceu no dia 25 de março de 1989, na cidade de Areia- PB. Em 2008 ingressou no curso de Zootecnia pela Universidade Federal da Paraíba, concluindo-o no ano de 2013. Foi bolsista de iniciação científica PIBIC/CNPq de 2011 a 2012 sob orientação da Prof^a Juliana Silva de Oliveira. Em 2013, ingressou no curso de mestrado do Programa de Pós-graduação em Zootecnia, Área de Concentração em Produção Animal, da Universidade Federal Rural da Paraíba – UFPB, com dissertação intitulada “Efeito de diferentes concentrações de sais sobre os parâmetros ruminais de bovinos e caprinos”, sob orientação do Professor Gherman Garcia Leal de Araújo. Em novembro de 2016, ingressou programa de Doutorado Integrado em Zootecnia, subprograma da Universidade Federal da Paraíba em Areia-PB, sob orientação do Professor Dr. Roberto Germano Costa.

Aos meus pais Antônio da Costa (*in memória*) e Maria José
Meu irmão Israel
e meu esposo Rafael Macena.
Por todo amor e dedicação

Dedico

AGRADECIMENTOS

Agradeço a DEUS pelo dom da vida, saúde e sabedoria, me permitindo chegar até aqui. À minha família, minha base e meu sustento, ao meu papai Antônio da Costa (*in memorian*) meu maior incentivador na Zootecnia, me ensinou amar a Zootecnia desde criança, foi às lágrimas com minha aprovação para o doutorado, e infelizmente nós deixou na reta final, ao senhor, meu amor eterno, lhe amo além do infinito. À minha mãe, minha rainha Maria José, nunca deixou de medir esforços para me ajudar, obrigada pelos seus conselhos, suas orações, seu amor.

Ao meu irmão Israel, responsável por alegrar meus dias, meu maior exemplo de força e superação. Ao meu esposo Rafael, obrigada por tudo meu amor, aguentando todo o meu estresse, minhas inseguranças, incertezas, me apoiando e me cercando de carinho a estes todo o meu amor e admiração. Aos meus sogros João Bezerra e Maria Lúcia, por todo apoio e amor.

Ao meu anjo da guarda Neila, uma amiga concedida pela pós-graduação, a responsável por segurar a minha mão quando o mundo desabou em minha cabeça, que não me deixou desistir. Obrigada por tudo amiga, tens um lugarzinho enorme no meu coração.

A toda equipe de professores pelo conhecimento transmitido. Em especial ao meu orientador, professor Roberto Germano Costa e ao professor Wandrick Hauss de Sousa, que foram fundamentais para o desenvolvimento de toda a pesquisa.

A toda equipe da Estação Experimental Pendência, em especial a doutora Graça e a Lourdinha.

A todos que fazem parte do Laboratório de Análise de Alimentos e Nutrição Animal, Marquinhos e Zé Sales. Ao professor Ariosvaldo Nunes de Medeiros, pelos seus ensinamentos e amizade. E a equipe do Laboratório de Análise de carne que estavam sempre dispostos a ajudar e tirar dúvidas, em especial à Claudiana. Ao professor Paulo Sérgio (Paulão), minha gratidão e amizade, obrigada por tudo.

Aos amigos, Keith Ranny, Cecilia, Aianne, Jonanthan, Leandro, Francenilda, Marilania, Andrezza. A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, pela concessão da bolsa de estudos e aos funcionários do PDIZ.

Muito obrigada!

Caracterização de carcaça de caprinos, com efeito, de sexo e idade: uma visão multivariada

RESUMO GERAL

Objetivou-se avaliar a caracterização de carcaça de caprinos oriundos do cruzamento de matrizes sem padrão definido (Crioulas), com reprodutores da raça Boer, sobre o efeito, de sexo e idade em uma visão multivariada. Foram utilizados 32 caprinos (16 machos, sendo 8 com 70 dias e 8 com 100 dias) e (16 fêmeas, sendo 8 com 70 dias e 8 com 100 dias), com pesos médios iniciais 70 dias de $3,11\text{kg}\pm 0,64$ (machos) e $3,00\text{ kg}\pm 0,76$ (fêmeas); e aos 100 dias pesos de $3,65\text{kg}\pm 0,71$ (machos) e $3,25\text{kg}\pm 0,38$ (fêmeas). A idade influenciou ($P>0,05$) no ganho de peso total, peso ao abate e de corpo vazio, peso de carcaça quente e peso de carcaça fria. Houve efeito da idade ($P>0,05$) para área de olho de lombo, medida GR, percentual de gordura interna e o índice de compactidade da carcaça. A gordura renal apresentou efeito ($P>0,05$) para sexo e idade. Os cortes da carcaça: pescoço, paleta, costela, lombo e perna apresentaram efeito ($P>0,05$) para idade de abate. Houve diferença ($P>0,05$) em relação ao sexo para o sangue. Em relação à composição tecidual da perna às variáveis osso e relação M:O, diferiram ($P>0,05$) para sexo e idade. A intensidade de brilho na carne (L^*) e a Força de cisalhamento (FC) apresentaram interação ($P>0,05$) sexo e idade. Considerando todas as características da carcaça, observa-se que a idade de abate do animal influenciam mais fortemente essas características da carcaça do que o fator sexo do animal. No capítulo III, Os dados foram submetidos à Análise Fatorial e os fatores obtidos utilizados como variáveis independentes na Regressão Múltipla, pelo método *Stepwise*. Os cortes comerciais: pescoço, costela, lombo e a área de olho de lombo apresentaram coeficiente de variação em torno de 19%. As medidas biométricas apresentaram alta correlação entre si ($P<0,05$), a maioria delas com correlações acima de 50%. Nas equações de predição á medida que aumenta o número de variáveis o valor de R^2 aumenta, enquanto o Cp e RMSE diminuem. Os dados apresentaram um índice 0,80 para o teste de KMO, demonstrando sua adequação a análise fatorial. O primeiro fator extraído pelo método de Kaiser explica 62% da variação total das variáveis ponderadas. A maior parte das variáveis apresentou alta comunalidades o que indica adequação na análise. A LG, PG, AC, AG, CC, PT foram as variáveis de maior carga fatorial e inversamente relacionadas no fator 1. As altas correlações entre as características morfológicas dos animais com o peso corporal, características de carcaça e cortes comerciais primários sugerem a adequação de características morfológicas como critérios para seleção precoce do peso corporal de caprinos e suas características de carcaça, antes do abate. No capítulo IV, 18 variáveis foram submetidas à análise discriminante canônica, para verificar possíveis diferenças entre os tratamentos (sexo dos animais e pesos ao abate). Para a seleção das variáveis de maior poder discriminatório, foi utilizado o método *stepwise*, para compor a função discriminante. Oito variáveis foram selecionadas pelo método *stepwise*: peso corporal vazio, profundidade do peito, largura do peito, circunferência da coxa, pescoço, lombo, comprimento da perna e largura da garupa. Os três primeiros componentes juntos explicaram 100% da variação total das variáveis avaliadas. A variável com maior poder de ponderação entre os tratamentos, selecionada através dos coeficientes canônicos padronizados em ordem de importância foi o lombo do animal, também selecionada por apresentar o maior poder discriminatório, pelo método *stepwise*.

Palavras chave: Análise discriminante. AOL. Cortes. Gordura. ICC.

Carcass characterization of goats with effect of sex and age: a view multivariate

GENERAL ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the characterization of carcasses of goats originating from the crossing of breeding stock with no defined pattern (Crioulas), with breeders of the Boer breed, on the effect of sex and age in a multivariate view. 32 goats were used (16 males, 8 with 70 days and 8 with 100 days) and (16 females, 8 with 70 days and 8 with 100 days), with initial mean weights of 70 days of $3.11\text{kg} \pm 0.64$ (males) and $3.00\text{ kg} \pm 0.76$ (females); and at 100 days weights of $3.65\text{ kg} \pm 0.71$ (males) and $3.25\text{ kg} \pm 0.38$ (females). In Chapter II, carcass characteristics and age at slaughter influenced ($P > 0.05$) the total weight gain, slaughter weight and empty body weight, hot carcass weight, and cold carcass weight. There was an effect of age ($P > 0.05$) for rib eye area, GR measurement, percentage of internal fat and the carcass compactness index. Renal fat had an effect ($P > 0.05$) for sex and age. Carcass cuts: neck, palette, rib, loin and leg had an effect ($P > 0.05$) for slaughter age. There was a difference ($P > 0.05$) in relation to sex for blood. Regarding the tissue composition of the leg, the variables bone and M: O ratio, differed ($P > 0.05$) for sex and age. The brightness intensity in the meat (L^*) and the Shear Force (FC) showed an interaction ($P > 0.05$) sex and age. Conclusion: considering all the characteristics of the carcass, it is observed that the age of slaughter of the animal influences these characteristics of the carcass more strongly than the sex factor of the animal. In chapter III, the data were submitted to Factor Analysis and the factors obtained used as independent variables in Multiple Regression, using the Stepwise method. Biometric measurements showed a high correlation ($P < 0.05$), most of them with correlations above 50%. This behavior also occurred with the characteristics of the carcass and cuts, showing a high correlation with biometric measurements. It was observed that in the prediction equations as the number of variables increases, the value of R^2 increases, while C_p and RMSE decrease. The data presented an index for the KMO test of 0.80, demonstrating its suitability for factor analysis. The high correlations between the animals' morphological characteristics with body weight, carcass characteristics and primary commercial cuts suggest the adequacy of morphological characteristics as criteria for early selection of goats' body weight and their carcass characteristics, before slaughter. In Chapter IV, 18 variables were subjected to canonical discriminant analysis, in order to verify possible differences between treatments (sex of animals and slaughter weights). To select the variables with the greatest discriminatory power, the stepwise method was used to compose the discriminant function. Eight variables were selected using the stepwise method: empty body weight, chest depth, chest width, thigh circumference, neck, loin, leg length and croup width. The first three components together explained 100% of the total variation of the variables evaluated. The variable with the greatest weighting power between treatments, selected using standardized canonical coefficients in order of importance was the animal's loin, also selected for presenting the greatest discriminatory power, by the stepwise method.

Keywords: Cuts. Discriminant analysis. Fat. ICC. LEA.

LISTA DE FIGURAS

Capítulo IV

Figura 1. Gráfico bidimensional da análise discriminante canônica de F70, F100, M70 e M100 para as medidas biométricas e cortes da carcaça de cabritos.....

97

LISTA DE TABELAS

Capítulo II

Tabela 1. Composição química dos ingredientes da dieta experimental com base na Matéria Seca para as crias com idade até os 70 dias.....	40
Tabela 2. Ganho de peso e características de carcaça de caprinos em função do sexo e das idades.....	45
Tabela 3. Medidas morfométrica na carcaça, índices e espessura de gordura das carcaças de caprinos em função do sexo e da idade de abate.....	48
Tabela 4. Características subjetivas da carcaça de caprinos, em função do sexo e das idades.....	49
Tabela 5. Peso e rendimento dos cortes comerciais de caprinos em função do sexo e das idades.....	50
Tabela 6. Composição tecidual da perna esquerdo de caprinos em função do sexo e das idades.....	52
Tabela 7. Parâmetros químicos e físicos da carne de caprinos em função do sexo e das idades.....	53
Tabela 8. Pesos e rendimentos dos não constituintes da carcaça de caprinos de sexos e idades diferentes.....	55

Capítulo III

Tabela 1. Composição química dos ingredientes da dieta experimental com base na Matéria Seca para as crias com idade até os 70 dias.....	69
Tabela 2. Análises descritivas dos dados medidos em animais vivos.....	73
Tabela 3. Correlação de Pearson das medidas biométricas de caprinos mestiços Boer.....	74
Tabela 4. Correlação de Pearson das medidas biométricas, das características de carcaça e dos cortes de caprinos mestiços de Boer.....	75
Tabela 5. Equações de predição para as características de carcaça a partir de características morfológicas originais de caprinos mestiços Boer.....	77
Tabela 6. Equações de predição para cortes da carcaça a partir de características morfológicas originais de caprinos mestiços Boer	78
Tabela 7. Valor médio, variância total, comunalidade e fator loadings após rotação varimax com normalização de Kaiser em caprinos mestiços Boer.....	80
Tabela 8. Equações de predição para características e cortes da carcaça a partir de características ortogonais de caprinos mestiços Boer.....	82

Capítulo IV

Tabela 1. Composição química dos ingredientes da dieta experimental com base na matéria seca para as crias com idade até os 70 dias.....	92
Tabela 2. Variáveis selecionadas e excluídas pelo método <i>stepwise</i>	94
Tabela 3. Funções e percentagem de classificação por tratamento F70, F100, M70 e M100 obtido pelo método <i>stepwise</i>	95
Tabela 4. Distância de <i>Mahalanobis</i> quadrática entre os tratamentos avaliados.....	95
Tabela 5. Coeficientes canônicos padronizados, autovalores, variação total, correlação canônica, teste Lambda Wilks e p-value.....	96

SUMÁRIO

1.CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	13
CAPÍTULO I- Caracterização de carcaça de caprinos com efeito da genética, peso e sexo com uma visão da estatística multivariada.....	15
1.INTRODUÇÃO.....	18
2.REFERENCIAL TEÓRICO.....	19
3.CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	27
4.REFERÊNCIAS.....	28
CAPÍTULO II- Efeito do sexo e idade nas características quantitativas e qualitativas da carcaça e das características físico-químicas, de caprinos em sistema intensivo.....	35
1.INTRODUÇÃO.....	38
2.MATERIAL DE MÉTODOS.....	39
3.RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	45
4.CONCLUSÕES.....	56
5.REFERÊNCIAS.....	56
CAPÍTULO III- Modelagem multivariada para estimar características de carcaça e cortes comerciais de caprinos mestiços.....	64
1.INTRODUÇÃO.....	67
2.MATERIAL DE MÉTODOS.....	68
3.RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	72
4.CONCLUSÕES.....	83
5.REFERÊNCIAS.....	83
CAPÍTULO IV- Uso da análise discriminante canônica na caracterização da carcaça caprina: uma visão multivariada.....	87
1.INTRODUÇÃO.....	90
2.MATERIAL DE MÉTODOS.....	91
3.RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	94
4.CONCLUSÕES.....	98
5.REFERÊNCIAS.....	98
CONSIDERAÇÕES FINAIS E IMPLICAÇÕES.....	100
APÊNDICE A.....	102
APÊNDICE B.....	122

1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Os caprinos são animais de fácil adaptação e manejo, e de baixo custo de implantação, constituindo uma fonte de renda importante, principalmente para os pequenos produtores. É uma atividade que tem conquistado cada vez mais espaço no mercado mundial, acumulando credibilidade diante os consumidores, devido à procura cada vez maior por produtos mais saudáveis e de melhores qualidades. O conceito qualidade é um ponto de debate interessante e interminável. A parte mais interessante da qualidade é que ela não tem limites, mas tem uma extensão ou intervalos, que pode ser definido em planos diferentes.

A carne de caprino é considerada uma das principais fontes de proteína animal na dieta humana em região Semiárida dos países em desenvolvimento. Carnes de maior valor qualitativo têm sido associados a animais mais jovens, intitulados cabritos, por apresentarem menores quantidades de gordura, o que resulta em menor proporção de gordura saturada e calorias.

A raça Boer é originada da África do Sul, adaptados a clima adverso e alimentação variada. Animais de boa conformação de carcaça, com boa capacidade reprodutiva, muito resistente aos parasitas e com conformação para produtividade de carne. São raças que produzem uma carne de alta qualidade, suculência, maciez, sabor e baixo teor de gordura, sobretudo quando os animais são abatidos jovens.

Os caprinos Crioulos são animais nativos, a rusticidade e adaptação são características marcantes desta raça que se desenvolve em um sistema de produção tradicional. São animais que representam um importante material genético, boa capacidade produtiva em sistema de criação extensiva, as fêmeas apresentam boa precocidade, com elevada habilidade materna e prolificidade.

O estudo de carcaça é uma avaliação de parâmetros relacionados com medidas objetivas e subjetivas e deve estar ligado aos aspectos e atributos inerentes à porção comestível. Estudos de avaliação de carcaça, geralmente são feitos considerando grande número de características e, algumas são redundantes, tornando-se difícil de se interpretar por meio de análises univariadas. Os métodos de análise de dados multivariados têm comprovado amplamente sua eficácia no estudo de grandes massas de informação complexas. Trata-se de métodos chamados de multidimensionais que permitem a confrontação entre duas ou mais variáveis. Pode-se, então, extrair-se as tendências mais sobressalentes e hierarquizá-las, eliminando os efeitos que perturbam a percepção global. 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.

Para conhecer a melhor condição da qualidade de carne de cabritos é necessário estudar variáveis que possam dar respostas quanto a sua eficiência, como é o caso das características de carcaça, assim como dos não constituintes de carcaça, e que está diretamente vinculado com a qualidade do produto final, cujos aspectos quantitativos e subjetivos estão relacionados com as avaliações físico-química da carne. Assim, essa pesquisa foi realizada com o objetivo de avaliar a caracterização de carcaça de caprinos oriundos do cruzamento de matrizes sem padrão definido (Crioulas), com reprodutores da raça Boer, sobre o efeito, de sexo e idade em uma visão multivariada.

Esse trabalho apresenta-se dividido em quatro capítulos: no primeiro, encontra-se o referencial teórico sobre caracterização de carcaça de caprinos com efeito da genética, peso e sexo com uma visão da estatística multivariada; no segundo, será referente às características quantitativas e qualitativas da carcaça, dos constituintes não carcaça; as características físicas e químicas da carne; no terceiro, modelagem multivariada para estimar características de carcaça e cortes comerciais de caprinos mestiços; e por último, no quarto capítulo, será tratado a análise discriminante para a caracterização de carcaças de caprinos.

CAPÍTULO I

Referencial Teórico

**Caracterização de carcaça de caprinos com efeito da genética, peso e sexo
com uma visão da estatística multivariada**

Caracterização de carcaça de caprinos com efeito da genética, peso e sexo com uma visão da estatística multivariada

RESUMO

O objetivo com esta revisão foi de avaliar a aplicação da análise univariada como também a aplicação de algumas das principais técnicas de análise multivariada em características de carcaça de caprinos 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. O estudo de carcaça é uma avaliação de parâmetros relacionados com medidas objetivas e subjetivas e deve estar ligado aos aspectos e atributos inerentes à porção comestível. As medidas realizadas na carcaça são importantes por si próprias, pois permitem comparações entre tipos raciais, pesos, idades de abate e sistemas de alimentação. Identificar e quantificar a associação entre as características morfológicas, 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. 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 de uma das técnicas de análise multivariada, possibilitando eliminar as informações redundantes, em decorrência da correlação entre estas variáveis. 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 depende de mais de uma variável de modo que a análise univariada torna-se ineficaz por não considerar as relações e efeitos entre as variáveis. A análise componente principal e canônica tem sido utilizada em pesquisas de carcaça com boa representatividade das características analisadas.

Palavras-chave: Componentes principais. Correlação canônica. Fêmea. Idades. Macho.

Carcass characterization of goats with effect of genetics, weight and sex with a view of multivariate statistics

ABSTRACT

The aim of this review was to evaluate the application of univariate analysis as well as the application of some of the main techniques of multivariate analysis on carcass characteristics of goats in order to reduce the dimensionality of the multivariate space, study the association between group of variables and select those most important variables with the greatest discriminatory power. The carcass study is an evaluation of parameters related to objective and subjective measures and must be linked to the aspects and attributes inherent to the edible portion. The measurements made on the carcass are important in themselves, as they allow comparisons between racial types, weights, slaughter ages and feeding systems. Identifying and quantifying the association between the morphometric characteristics, carcass yield and meat quality is of fundamental importance to promote an optimization in the experiments and to define which characteristics really matter. Redundant and difficult-to-measure characteristics could be ruled out, which would reduce the researcher's wear, time and costs with experiments. Multivariate techniques have made a great contribution in this field and the disposal of variables can be done with the aid of one of the multivariate analysis techniques, making it possible to eliminate redundant information, due to the correlation between these variables. The development of classical statistics is based on the analysis of a single variable, in an isolated way and, from the result, make inferences about the studied phenomenon. However, most existing phenomena depend on more than one variable so that univariate analysis becomes ineffective because it does not consider the relationships and effects between the variables. Principal and canonical component analysis has been used in carcass research with good representation of the analyzed characteristics.

Keywords: Ages. Canonical correlation. Female. Male. Principal component.

1. INTRODUÇÃO

A carne é um alimento classificado como de alto teor de gordura, colesterol e ácidos graxos saturados e baixos níveis de ácidos graxos insaturados. Atualmente, há uma preocupação cada vez maior com os efeitos da dieta sobre a saúde, bastante evidenciada na literatura especializada. O tema tem sido divulgado pelos diferentes meios de comunicação, tornando os consumidores mais conscientes sobre a importância de uma relação equilibrada do binômio dieta/saúde, e interessados em saber o que estão consumindo (Hissanaga et al., 2012).

A qualidade da carne pode ser avaliada levando-se em consideração nove características básicas: composição química, estrutura morfológica, propriedades físicas, qualidades bioquímicas, valor nutritivo, propriedades sensoriais, qualidade microbiológica, propriedades tecnológicas e propriedades culinárias (Sañudo & Campo, 2008). As vantagens comparativas, em termos nutricionais da carne de caprino relativamente às demais carnes consumidas no mercado, estão relacionadas ao baixo teor de gordura (Rotta et al., 2009), a alta digestibilidade, além dos elevados níveis de proteínas (Berchielli et al., 2011). A carne ovina e caprina é caracterizada pela alta concentração de ácidos graxos saturados e pela baixa razão poliinsaturados:saturados (Sañudo et al., 2000).

Os métodos de análise de dados multivariados têm comprovado amplamente sua eficácia no estudo de grandes massas de informação complexas (Bakke et al., 2008). Trata-se de métodos chamados de multidimensionais que permitem a confrontação entre duas ou mais variáveis. Pode-se, então, extrair-se as tendências mais sobressalentes e hierarquizá-las, eliminando os efeitos que perturbam a percepção global.

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. 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 (Bakke et al., 2008).

Assim, este trabalho teve por objetivo avaliar a aplicação da análise univariada como também a aplicação de algumas das principais técnicas de análise multivariada em características de carcaça de caprinos 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.

1.1 Caracterização da Raça Boer

Os caprinos pertencem cientificamente à família *Bovidae* dentro da sub-família *Caprinae*, pertencente ao gênero *Capra* e à espécie *hircus*. O seu tronco selvagem é a *Capra aegragus* ou *Benzoar*, que existiu nos planaltos ocidentais da Ásia, coadjuvada pela *Capra falconiere*, espécie selvagem da Índia. Os primeiros exemplares foram introduzidos no Brasil pelos colonizadores portugueses, franceses e holandeses, por volta de 1535, que trouxeram raças europeias caprinas produtoras de leite (Porter, 1996).

A avaliação das raças baseadas no desempenho de raça pura, do cruzamento de raças, ou de uma combinação de ambos, forneceu a informação vital que demonstra a oportunidade para a melhoria genética das características e do desempenho morfológico da produção sob circunstâncias específicas de alimentação e de manejo. Somente uma fração das 570 raças caprinas no mundo listadas pela FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) foi sujeita à avaliação (Shrestha et al., 2005). São animais resistentes, prolíficos, com excelente habilidade para aproveitar restos de alimentos e sobreviver muito bem em climas quentes, áridos e semi-áridos (Oliveira e Lima, 1994).

Temos na região Nordeste as raças exóticas, ou seja, as raças provenientes de outros países, como por exemplo, a raça Boer que são apropriadas para a produção de carne. A raça Boer foi desenvolvida em 1920 por fazendeiros Sul africanos quando as cabras indígenas mantidas pela tribo Hottentot e Bantu foram cruzadas com Anglo Nubianos importadas (Malan, 2000). Os anos sucessivos da seleção para o tamanho de corpo e a conformação resultaram na melhoria da eficiência da produção de carne (Shrestha et al., 2005). O caprino Boer é um animal de baixa manutenção, porque a fêmea possui leite suficiente para alimentar sua cria, fazendo com que ela cresça mais rápido sem ser necessária a suplementação nutricional (Malan, 2000). Erasmus (2000) reporta que o caprino Boer produz uma carne de alta qualidade, suculência, maciez, sabor e baixo teor de gordura, principalmente quando os cabritos são abatidos durante a idade jovem. A excelente qualidade das características dos caprinos Boer, como um animal tipo carne faz desta raça primeira escolha quando se deseja selecionar para rusticidade, fertilidade, potencial de crescimento e qualidade de carcaça. Além

disso, esses animais possuem a capacidade de transmitir suas qualidades superiores quando utilizados em sistemas de cruzamento (Madruga et al., 2005).

1.2 Características da Carcaça

Ao longo de décadas, a produção de caprinos 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. 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).

O estudo de carcaça é uma avaliação de parâmetros relacionados com medidas objetivas e subjetivas e deve estar ligado aos aspectos e atributos inerentes à porção comestível. As medidas realizadas na carcaça são importantes por si próprias, pois permitem comparações entre tipos raciais, pesos, idades de abate e sistemas de alimentação. Contudo, todas as técnicas desenvolvidas na criação, manejo e melhoramento animal, têm por objetivo único a obtenção de uma boa carcaça dentro de um menor tempo, sendo que a qualidade do produto e quantidade da parte comestível são os fatores básicos do mérito da carcaça (Silva et al., 2008).

A carcaça pode ser influenciada em suas características por diversos fatores, tanto individualmente como em conjunto. Dentre eles citam-se a idade, a castração, a alimentação, o sistema de criação ou manejo, a época do abate, o peso ao abate, o sexo, a raça ou genética e outras (Madruga et al., 2002).

O sexo e o estado fisiológico são fatores determinantes na proporção e locais de deposição dos tecidos e refletem na proporção dos cortes comerciais. O sexo tem maior influência no quarto dianteiro, uma vez que os machos desenvolvem mais os músculos, como *Splenius*, *Longissimus capitis* e *Atlantis*, e também maior quantidade de osso (Mahgoub et al., 2004). Há diferença comprovada de crescimento, desenvolvimento, qualidade da carcaça e da carne entre machos não castrados, castrados, criptorquidas e fêmeas; isso se manifesta, sobretudo, na deposição de gordura (Azeredo et al., 2006) e na qualidade sensorial da carne (Madruga et al., 2005).

Gomes et al. (2011) estudaram características de carcaça de caprinos de cinco grupos raciais, (15 Alpinos (A), 19 $\frac{1}{2}$ Boer + $\frac{1}{2}$ Alpino (BA), 20 $\frac{1}{2}$ Anglo Nubiano + $\frac{1}{2}$ Alpino (ANA), 20 $\frac{3}{4}$ Boer + $\frac{1}{4}$ Alpino (BA), e 17 Tree Cross (TC)) em 59 machos e 32 fêmeas e

observaram que o acabamento de carcaça não foi afetado pelo sexo em nenhum dos genótipos estudado. As fêmeas apresentaram maior deposição de gordura (13%) em comparação aos machos (7,4%) (Mahgoub et al., 2004). A espessura da gordura do esterno foi, praticamente, constante até os 250 dias de idade, com posterior tendência de aumento, logo, a deposição de gordura aconteceu mais tardiamente (Figueiredo Filho et al., 2012.)

A gordura intermuscular tem crescimento mais precoce que a subcutânea (Pereira Filho et al., 2008). Animais velhos tendem a possuir camada mais espessa de gordura e maior área de olho-de-lombo (Dhanda et al., 2003). A proporção de outros tecidos da carcaça (excluindo músculo, osso e gordura) diminui com a idade de abate (Todaro et al., 2002). Jardim et al. (2007) observaram modificações na composição química da carne de animais abatidos com idades diferentes

O aumento da idade contribui para a deposição de músculo na carcaça (Todaro et al., 2002). A carne proveniente de animais jovens apresenta apenas traços de gordura; é macia, com aroma mais suave que o da carne de animais velhos, tornando-se atrativa aos consumidores (Silva Sobrinho, 2002). A área de olho de lombo apresentou-se crescente em função da idade (Figueiredo Filho et al., 2012), visto a elevação do peso corporal, aumentar a área do *Longissimus dorsi* (Lima Neto et al., 2009).

A idade e o tipo de alimentação influenciam na qualidade sensorial da carne (Bonacina et al., 2011). De acordo com Macedo et al. (2008), a nutrição dentre outros fatores tais como o sexo, genótipo, idade e peso ao abate podem afetar a largura, profundidade, espessura de gordura e a área de olho de lombo do músculo *Longuíssimos dorsi*, comprometendo assim a qualidade e comercialização da carcaça.

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 (Yamamtoto 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 ideal (Silva et al., 2008). O rendimento dos cortes sofre influência do peso do animal, tendo como precedente o estado nutricional (Abreu et al., 2014). Os cortes da carcaça aumentam com a idade de abate (Menezes et al., 2009).

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 é elevado, provavelmente parte dessas características irá contribuir com 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. 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.

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).

1.3 Características da carne de cabritos

O mercado consumidor da carne de caprinos vem crescendo, devido às exigências dos consumidores, em busca por produtos de qualidade e características nutricionais (Brand et al., 2018). Quando os cabritos são abatidos na fase inicial do desenvolvimento, apresenta menor rendimento comercial de carcaça. Nessa fase o predomínio do crescimento é ósseo e muscular com pouca deposição de gordura, e maior participação do trato digestório (Zhang et al., 2020).

Fatores como sexo e estado fisiológico são determinantes na proporção e locais de deposição dos tecidos. Na carcaça de cabritos abatidos com peso e ou idade precoce, encontra-se maiores proporções dos cortes perna e paleta e menores de lombo e costela (Cunha et al., 2004; Pereira Filho et al., 2008), relacionado ao desenvolvimento mais precoce de grupos musculares localizados nos membros (Zapata et al., 2001; Cunha et al., 2004). O quarto dianteiro tem maior influência do sexo, uma vez que os machos desenvolvem mais os músculos, como *Splenius*, *Longissimus Capitis* e *Atlantis*, e maiores quantidades de osso (Johnson et al., 1995; Mahgoub et al., 2004).

Na fase final do desenvolvimento o maior rendimento, quando os animais apresentam maior idade e peso, pode ser cominado a maior proporção de gordura na carcaça (Yáñez et al., 2006). A gordura é um tecido corporal de maturação tardia, atingindo as maiores proporções em elevados pesos corporais, sendo o último a ser depositado na carcaça do animal (Hedrick et al., 1994; Kadim et al., 2003), considerando assim, a idade como fator ligado diretamente ao peso e ao estado de engorda dos animais (Lemes et al., 2013). Portanto, cabritos abatidos com peso ou idade precoce apresentam menores rendimentos de carcaça (Oliveira et al., 2008; Menezes et al., 2009; Martins et al., 2015).

A camada de gordura subcutânea dos caprinos é consideravelmente fina (1,6 a 2,2 mm), com clara influência dos grupos raciais e idade dos animais (Menezes et al., 2009). A maior parte da gordura corporal cerca de 50 a 60% encontra-se depositada na cavidade abdominal, localizada entre o abdômen e as vísceras e, por conseguinte, quando a carcaça for eviscerada grande parte dessa gordura irá desaparecer (Grande, et al., 2003). A gordura intermuscular tem crescimento mais precoce que a gordura subcutânea (Pereira Filho et al., 2008). As fêmeas sendo mais precoces depositam maior quantidade de gordura em relação aos machos no mesmo peso corporal (Corazzin et al., 2019).

O teor de umidade da carne é outro fator influenciado pela idade dos animais, quanto mais jovens os animais forem abatidos maiores será a quantidade de lipídeos presente na carne está relacionada inversamente com o teor de umidade, quanto maior for a umidade, menor serão os teores de lipídeos, proteínas e minerais (Beserra et al., 2004; Assis et al., 2015; Lisboa et al., 2010).

A quantidade de proteína no músculo está influenciada por diversos fatores, sendo a raça um desses (Monte et al., 2012). A proteína da carne caprina é similar a da carne bovina com todos os aminoácidos essenciais e com menor valor calórico (Lawrie, 2005).

1.4 Análise Multivariada aplicada à carcaça

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 depende 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. Ao se mensurar muitas características, sendo estas aleatórias e fortemente

associadas entre si, torna-se possível a utilização de técnicas multivariadas com o intuito de reduzir a dimensionalidade do conjunto de informações geradas, de modo a testar o efeito desejado para um conjunto menor de variáveis, mas que detém informação relevante dos dados (Hongyu et al., 2015). Estudos envolvendo a utilização de ferramentas de análise multivariada associada a características de carcaça são poucos (Zurita-Herrera et al., 2011).

A utilização de técnicas multivariadas permite prever o quantitativo de componentes principais utilizados para explicar o percentual da variação total das medidas utilizadas. Neste sentido, o estudo da análise de componentes principais (ACP) com os dados morfométricos obtidos na carcaça permite analisar quais variáveis melhor explicam a variação total em relação aos compostos originais, simplificando o conjunto de dados através da eliminação de informações redundantes em razão da correlação entre as variáveis (Biaggioti et al., 2014).

Como também podemos utilizar a análise discriminante que 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 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 (Prearo 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 (Guedes 2017).

Apesar desse avanço na análise multivariada, ainda existe 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 se assume 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).

Diferentes técnicas multivariadas estão disponíveis para análise dos dados e, cada uma delas se adequa a diferentes objetivos e tipos de dados. Essas técnicas são classificadas em: técnicas de avaliação de interdependência, as quais envolve a análise de componentes principais, correlação canônica, análise de agrupamento, análise de fatores, escala; 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 realizada 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, adaptação, melhoramento genético animal bem como de conformação corporal e desempenho animal para as diversas espécies de interesse econômico.

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.

Em trabalho com dados de uma população F2 de suínos, observou-se 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 (Barbosa et al., 2006).

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 29 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 mantidos nas análises.

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.

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 33 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.

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 sobre ano 30 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 Nelores, 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.

Foram determinadas as variáveis com melhor poder explanatório para caracterizar o perfil lipídico dos depósitos de gordura interna de ovelhas Santa Inês, por meio da técnica de componentes principais. Os quatro primeiros componentes principais explicaram 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 (Costa et al., 2017).

Guedes et al. (2018) a análise dos componentes principais foi eficiente na redução das dimensões do conjunto de dados, já que cinco componentes não correlacionados eram suficientes para explicar cerca de 80% da variação total das 19 variáveis originais. Variáveis peso de carcaça fria, perímetro de garupa, comprimento de perna, largura da garupa, rendimento de carcaça fria, largura do tórax e perímetro da perna foram as mais importantes entre os cinco componentes selecionados. As variáveis com maior poder discriminatório entre os tratamentos, selecionado de acordo com o padrão canônico coeficientes, em ordem crescente de importância foram peso do corpo vazio e largura da garupa. Este último foi selecionado, pois apresentaram o maior poder discriminatório pelo método stepwise.

2. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo permitiu verificar que o sexo, a raça, o grupo genético e o peso dos caprinos alteram as características e carcaça. A análise multivariada é uma técnica explorada pelos pesquisadores como forma de reduzir o espaço amostral sem perder a qualidade e

representatividade dos resultados. A análise componente principal e canônica tem sido utilizada em pesquisas de carcaça com boa representatividade das características analisadas.

3. REFERÊNCIAS

- Abreu, L.R.A., Boari, C.A., Pires, A.V., Pinheiro, S.R.F., Oliveira, R.G., Oliveira, K.M., Gonçalves, F.M., Oliveria, F.R. 2014. Carcass evaluation and meat quality of slaughtered meat quails at different ages. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 15, 131-140.
- Assis, A. P. P., Leite, H. M. S., Miranda, M. V. F. G., Lopes, K. T. L., Pereira, M. I. L. B., Moura, A. K. B., R. L. S., Lima, P. O. 2015. Parâmetros físicos e químicos da carne de cabritos alimentados com diferentes dietas líquidas até os 60 dias. *Acta Veterinaria Brasilica*, 9, 327-334.
- Azeredo, D. M., Osório, M.T.M., Osório, J.C.S., Mendonça, G., Esteves, R.M., Rota, E. L., Jarim, R.D., Pradiée, J. 2006. In vivo and carcass morphology and productive and commercial characteristics in non-castrated, castrated and cryptorchid corriedale sheeps slaughtered at different ages. *Revista Brasileira Agrociência*, 12, 199-204.
- Bakke, H.A., Leite, A.S.M., Silva, L.B. 2008. Multivariate statistics: factorial analysis application in production engineering, 4, 01-14.
- Barbosa, L.T., Lopes, P.S., Regazzi, A.J., Guimarães, S.E.F., Torres, R.A. 2005a. Evaluation of Swine Carcass Traits Using Principal Components. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 35, 1639-1645.
- Barbosa, L.T., Lopes, P.S., Regazzi, A.J., Guimarães, S.E.F., Tores, R.A. 2005b. Identification of informative performance traits in swine using principal component analysi. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 57, 805-810.
- Barbosa, L., Lopes, P.S., Regazzi, A.J., Guimarães, S.E.F., Torres, R.A. 2006. Evaluation of swine meat quality by principal component analysis. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 35, 1639-1645.
- Barbosa, L.T., Regazzi, A.J., Backes, A.A., Fagundes, J.L., Viera, J.S., Morais, J.A.S. 2010. Association between swine meat quality and quantitative traits using canonical correlation. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, 11, 1150-1162.
- Berchielli, T. T., Pires, A. V., Oliveira, S. G. 2011. *Nutrição de Ruminantes*. 2th ed. FUNEP, Jaboticabal, Brazil.

- Beserra, F. J., Madruga, M. S., Leite, A. M. 2004. Effects of age at slaughter on chemical composition of meat from Moxotó goats and their crosses. *Small Ruminant Research*, 55, 77-181.
- Biaggioti, D., Guimarães, F.F., Sarmiento, J.L.R., Santos, G.V., Rego Neto, A. A., Santos, N.P.S., Saraiva, T.T., Figueiredo Filho, L.A.S., Sena, L.S. 2014. Uso de estatística multivariada para estudo de caracterização racial em ovinos. *Acta Tecnológica*, 9.
- Bonacina, M.S., Osório, M.T.M., Osório, J.C.S., Corrêa, G.F., Hashimoto, J.H., Lehmen, R.I. 2011. Sensory evaluation of meat lambs from males and females Texel × Corriedale finished in different systems. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 40, 1758-1766.
- Brand, T.S., Merwe, D.A.V.D., Hoffman, L.C., Geldenhuys, G. 2018. The effect of dietary energy content on quality characteristics of Boer goat meat. *Meat Science*, 139, 74–81.
- Corazzin, M., Del Bianco, S., Bovolenta, S., and Piasentier, E. 2019. Carcass Characteristics and Meat Quality of Sheep and Goat. *More Than Beef, Pork and Chicken – The Production, Processing, and Quality Traits of Other Sources of Meat for Human Diet*, 119–165.
- Costa, R.G., Almeida, C.C., Pimenta Filho, E.C., Holanda Júnior, E.V., Santos, N.M. 2008. Characterization of the goat and sheep production system in the semi-arid region of the state of Paraíba, Brazil. *Archivos de Zootecnia*, 57, 95-205
- Costa, R.G., Ribeiro, N.L., Almeida, M.D.A., Cruz, G.R.B., Sousa, S., Madruga, M.S., Queiroga, R.C.R.E. 2017. Characterization of the lipid profile of internal fat deposits of sheep in the semiarid region of Brazil. *Small Ruminant Research* 149, 214-217.
- Cunha, E. A., Bueno, M. S., Rodrigues, C. F. C.; L., Santos, E., Leinz, F. F., Ribeiro, S. D. A., Ribeiro, A. M. C. 2004. Desempenho e características de carcaça de cabritos Saanen e mestiços Boer x Saanen abatidos com diferentes pesos. *Boletim de Indústria Animal*, 61, 63-73.
- Dhanda, J.S., Taylor, D.G., Murray, P. J. 2003. Part 1. Growth, carcass and meat quality parameters of male goats: effects of genotype and liveweight at slaughter. *Small Ruminant Research*, 50, 57-66.
- Erasmus, J.A. 2000. Adaptation to various environments and resistance to disease of the improved Boer goat. *Small Ruminant Research*, 36, 179-187.
- Figueiredo Filho, L.A.S., Sarmiento, J.L.R., Campelo, J.E.G., Santos, N.P.S., Sousa Júnior, A. 2012. Measures carcass traits by ultrasound in goats. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, 13, 804-814.

- Gomes, H.F.B., Menezes, J.J.L., Gonçalves, H.C., Cañizares, G. I. L., Medeiros, B. B. L., Polizel Neto, A., Lourençon, R.V., Cháviri, A.C.T. 2011. Carcass traits of characteristics of kid goats from five breed groups raised in a feedlot system. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 40, 411-417.
- Grande, P. A., Alcalde, C. R., Macedo, F. A. F., Yamamoto, S. M., Martins, E. N. 2003. Desempenho e características de carcaça de cabritos da raça Saanen recebendo rações com farelo de glúten de milho e/ou farelo de soja. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, , 25, 315-321.
- Guedes, D.G.P. Técnicas estatísticas multivariadas aplicadas a caracterização de carcaça de ovinos da Raça Morada Nova. 2017, 99p. Tese (Doutorado) Universidade Federal Rural de Pernambuco.
- Guedes, D.G.P., Ribeiro, M.N., Carvalho, F.F.R. 2018. Multivariate techniques in the analysis of carcass traits of Morada Nova breed sheep. *Ciência Rural*, 48, 20170746.
- Hair Júnior, J.F., Tatham, R.L., Anderson, R.E., Black, W.C. 2009. *Análise multivariada de dados*. 6. ed. Porto Alegre: Bookman.
- Hedrick, H. B., Aberle, E. D., Forrest, J. C., Judge, M. D.; Merkel, R. A. 1994. *Principles of Meat Science*. Kendall: Hunt Publishing Company, 292-293.
- Hissanaga, V.M., Proença, R.P.C., Block, J.M., 2012. Trans fatty acids in Brazilian food products: a review of aspects related to health and nutrition labeling. *Revista de Nutrição*, 25, 517-530.
- Hongyu, K., Sandanielo, V.L.M., Oliveira Júnior, G.J. 2015. Principal component analysis: theory, interpretations and applications. *Engineering and Science*, 5, 83-90.
- Jardim, R., Osório, J.C., Osório, M.T., Mendonça, G., Esteves, R., Gonçalves, M. 2007. Effect of slaughtering age and castration on tissue and chemical composition of shoulder and leg in corriedale lambs. *Revista Brasileira de Agrociência*, 13, 237-242.
- Johnson, D.D., Mc Gonan, C.H., Nurse, G., Anous, M.R. Breed type and sex effects on carcass traits, composition and tenderness of young goats. 1995. *Small Ruminant Research*, 17, 57-63.
- Kadim, IT., Mahgoub, O., Mahgoub, NV., Al-Ajmi, DS., Al-Maqbaly, RS., Al-Saqri, NM e Ritchie, A. 2003. An evaluation of the growth, carcass and meat quality characteristics of Omani goat breeds. *Meat Science*, 66, 203-210.
- Kendall, M.G. 1980. *Multivariate analysis*. Hodder Arnold, 2nd edition.

- Kessler, J.D., Osório, M.T.M., Nörnberg, J.L., Osório, J.C.S., Esteves, R.M.G., Souza, A.B., Arnoni, R.K., Borba, M., Oliveira, R.M., Ferreira, O.G.L. 2014. Composição química da carne de cabritos abatidos em idades diferentes. *Archivos de Zootecnia*, 63, 153-160.
- Lawrie, R. A. 2005. *Ciência da carne*. 6. ed. São Paulo: Artmed.
- Leite, C.D.S., Corrêa, G.S.S., Barbosa, L., Melo, A.L.P., Yamaki, M., Silva, M.A., Torres, R.A. 2009 Evaluation of production and carcass traits of meat - type quails by principal components analysis. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 61, 498-503.
- Lemes, J. S., Osório, M. T. M., Osório, J. C. S., Borba, M., Oliveira, R. M., Martins, L. 2013. Características instrumentais e sensoriais da carne de caprinos da região do Alto Camaquã, Rio Grande do Sul, Brasil. *Pesquisa Agropecuária Gaúcha*, 19, 117-126.
- Liberato, J.R., Vale, F.X.R., Cruz, C.D. 1999. Técnicas estatísticas de análise multivariada e a necessidade de o fitopatologista conhecê-las. *Fitopatologia Brasileira*, 24, 5-8.
- Lisboa, A. C. C., Furtado, D. A., Medeiros, A. N., Costa, R. G., Queiroga, R. C. R. E., Barreto, L. M. G., Paulo, J. L. A. 2010. Avaliação da qualidade da carne de cabritos nativos terminados com dietas contendo feno de Maniçoba. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, 11, 1046-1055.
- Macedo, V. P., Garcia, C. A., Silveira, A. C., Monteiro, A. L. G., Macedo, F. A. F., Spers, R. C. 2008. Composições tecidual e química do lombo de cordeiros alimentados com rações contendo semente de girassol em comedouros privativos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 37, 1860-1868.
- Madruga, M.S., Narain, N., Arruda, S.G.B., Souza, J.G., Costa, R.G., Beserra, F.J. 2002. Castration and Slaughter Age Effects on Physical-Chemical, Sensorial and Aromatic Quality of Goat Meat. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 31, 1562-1570.
- Madruga, M.S., Narain, N., Duarte, T.F., Sousa, W.H., Galvão, M.S., Cunha, M.G.G., Ramos, J.L.F. 2005. Chemical and sensorial characteristics of commercial meat cuts of “mesticos” and boer goats. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*. 25, 713-719.
- Mahgoub, O., Kadim, I.T., Al-SaqriI, N.M., Al-Busaidi, R.M. 2004. Effects of body weight and sex on carcass tissue distribution in goats. *Meat Science*, 67, 577-585.
- Malan, S. W. 2000. The Improved Boer goat. *Small Ruminant Research*, 36, 165-170.
- Martins, L.S., Osório, J. C. S., Osório, M. T. M., Borba, M. F. S., Ferreira, O. G. L., Oliveira, R. M., Lemes, J. S., Farias, P. P. 2015. Morfologia e qualidade da carcaça de cabritos naturalizados do “Alto Camaquã” abatidos em diferentes idades. *Boletim de Indústria Animal*, 72, 193-199.

- Menezes, J.J.L., Gonçalves, H.C., Ribeiro, M.S., Rodrigues, L., Cãnizares, G.I.L, Medeiros, B.B.L. 2009. Carcass and meat tenderness of goats accoring to age, breed group and age at slaughter. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 38, 1769-1778.
- Monte, A.L.S., Gonsalves, H.R.O., Villarroel, A.B.S.V., Damaceno, M.N., Cavalcante, A.B.D. 2012. Qualidade da carne de caprinos e ovinos: uma revisão. *ACSA – Agropecuária Científica no Semi-Árido*, 15, 11-17.
- Muniz, C.A.S.D., Queiroz, S.A., Mascioli, A.S., Zadra, L.E.F. 2014. Principal components analysis for growth traits in beef cattle. *Semina: Ciências Agrárias*, 35, 1569-1576.
- Oliveira, A.A.P., Lima, V.P.M. 1994. Aspectos econômicos da caprino-ovinocultura tropical Brasileira. Fortaleza, BNB. ETENE, p.1-45.
- Oliveira, M.V.M., Pérez, J.R.O., Alves, E.L., Martins, A.R.V., Lana, R.P. 2002. Dressing Percentage, Measures of Carcass and Weight of Commercial Joint Santa Ines and Bergamacia Lambs Fed with Swine Wastes in Confinement. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 31, 1451-1458.
- Oliveira, A. N., Selaive-Villarroel, A. B., Monte, A. L. S., Costa, R. G., Costa, L. B. A. 2008. Características da carcaça de caprinos mestiços Anglo-Nubiano, Boer e sem padrão racial definido. *Ciência Rural*, 38, 1073-1077.
- Pereira Filho, J.M., Resende, K.T., Teixeira, I.A.M.A., Silva Sobrinho, A.G., Yáñez, E.A., Ferreira, A.C.D. 2008. Características da carcaça e alometria dos tecidos de cabritos F1 Boer × Saanen. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 37, 905-912.
- Porter, V. 1996. *Goats of the World*. London: Farming Press., p. 151-156.
- Prearo, L.C., Gouvêa, M.A., Monari, C. 2009. Evaluation of the use of the logistic regression analysis technique on theses and dissertations of some higher education institutions. *Semina: Ciências Sociais e Humanas*, 30, 123-140.
- Rotta, P. P., Prado, R. M., Prado, I. N., Valero, M. V., Visentainer, J. V., Silva, R. R. 2009. The effects of genetic groups, nutrition, finishing systems and gender of Brazilian cattle on carcass characteristics and beef composition and appearance: a review. *Asian-Australasian Journal of Animal Science*, 22, 1718-1734.
- Santos, V. A. C.; Silva, S. R.; Azevedo, J. M. T. 2008. Carcass composition and meat quality of equally mature kids and lambs. *Journal Animal Science*, 86, 1943-1950.
- Santos, G.R.A., Ferreira, A.C.D., Silva, M.A., Silva, D.C., Queiroz, L.O. 2014. Características morfométricas e componentes não-carcaça de caprinos anglonubiano x sprd terminados em pastagem de caatinga sob suplementação alimentar. *Boletim da Indústria Animal*, 71, 341-349.

- Sañudo, C., Enser, M. E., Campo, M. M., Nute, G. R., María, G., Sierra I., Wood, J. D. 2000. Fatty acid composition and sensory characteristics of lamb carcasses from Britain and Spain. *Meat Science*, 54, 339-346.
- Sañudo, C., Campo, M.M. 2008. Calidad de la carne de vacuno. In: Sañudo, C.; Jimeno, V.; Cerviño, M. (Eds.) *Producción de ganado vacuno de carne y tipos comerciales en España*. 1.ed. Madri: Schering-Ploug.
- Shrestha, J. N. B., Fahmy, M. H. 2005. Breeding goats for meat production: a review. *Genetic resources, management and breed evaluation. Small Ruminant Research*, 58, 93-106.
- Silva Sobrinho, A. G., Silva, A. M. A., 2002. Produção de carne caprina e cortes da carcaça, *Revista Nacional da Carne*, 24, 32-44.
- Silva, N.V., Silva, J.H.V., Coelho, M.S., Oliveira, E.R.A., Araújo, J.A., Amâncio, A.L.L. 2008. Characteristics of sheep carcass and meat: a review of methodology and factors of influence. *Acta Veterinaria Brasilica*, 2,103-110.
- Todaro, M., Carrao, A., Barone, C.M.A., Schinelli, R., Occidente, M., Giaccone, P 2002. The influence of age at slaughter and litter size on some quality traits of kid meat. *Small Ruminant Research*, 44, 75-80.
- Yáñez, E.A., Resende, K.T., Ferreira, A.C.D., Pereira Filho, J.M., Sobrinho, A.G.S., Teixeira, I.A.M.A., Medeiros, A.N. 2006. Restrição alimentar em caprinos: rendimento, cortes comerciais e composição da carcaça. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 35, 2093-2100.
- Yamamoto, S.M., Macedo, F.A.F., Mexia, A.A., Sakaguti, M.Z.E.S., Rocha, G.B.L., Regañoni, K.C.T., Macedo, R.M.G. 2004. Dressing of cuts and non-carcass components of lambs fed diets containing different sources of vegetal oil. *Ciência Rural*, 34, 1909-1913.
- Zapata, J. F. F., Seabra, L. M. A. J., Nogueira, C. M., Bezerra, L. C., Besserra, F. J., Composição centesimal e lipídica da carne de ovinos do nordeste brasileiro. 2001. *Ciência Rural*, Santa Maria, 31, 691-695.
- Zurita-Herrera, P., Delgado, J.V., Arguello, A., Camacho, M.E. 2011. Multivariate analysis of meat production traits in Murciano-Granadina goat kids. *Meat Science*, 88, 447-453.
- Wylie, A.R.G., Chestnutt, D.M.B., Kilpatrick, D.J. 1997. Growth and carcass characteristics of heavy slaughter weight lambs: effects of sire breed and sex lamb and relationships to serum metabolites and IGF-1. *Journal of Animal Science*, 64, 309-318.
- Offer, G., and Knight, P., 1988. The structural basis of water-holding in meat, in: Lawrie, R. A. (ed). *Developments in Meat Science-4*. Elsevier Applied Science, 63-24.

Ozcan, M., Yalcintan, H., Tölü, C., Ekiz, B., Yilmaz, A., and Savaş, T. 2014. Carcass and meat quality of Gokceada Goat kids reared under extensive and semi-intensive production systems. *Meat Science*, 96, 496–502.

CAPÍTULO II

Efeito do sexo e idade nas características quantitativas e qualitativas da carcaça, e das características físico-químicas, de caprinos em sistema intensivo

Efeito do sexo e idade nas características quantitativas e qualitativas da carcaça, e das características físico-químicas, de caprinos em sistema intensivo

RESUMO

O objetivo com este trabalho foi avaliar o efeito da idade e do sexo dos animais na caracterização, qualidade e cortes da carcaça de caprinos oriundos do cruzamento de matrizes sem padrão racial definido (Crioulas), com reprodutores da raça Boer, especializada na produção de carne. Foram utilizados 32 caprinos (16 machos: 8 com 70 dias e 8 com 100 dias e 16 fêmeas: 8 com 70 dias e 8 com 100 dias), mestiços de animais nativos cruzados com a raça Boer. Os pesos médios ao nascer de $3,11\text{kg} \pm 0,64$ (machos) e $3,00\text{kg} \pm 0,76$ (fêmeas), para os animais abatidos aos 70 dias; e pesos de $3,65\text{kg} \pm 0,71$ (machos) e $3,25\text{kg} \pm 0,38$ (fêmeas), para os abatidos aos 100 dias. Para as características de carcaça, não se observou efeito da interação entre os fatores nem do sexo ($P > 0,05$), isoladamente. Houve efeito da idade ao abate ($P > 0,05$) para o ganho de peso total, peso de corpo vazio, peso de carcaça quente, peso de carcaça fria, área de olho de lombo, percentual de gordura interna, índice de compacidade da carcaça. Os fatores sexo e idade apresentou interação ($P > 0,05$) para a profundidade do tórax. O comprimento de perna e o índice de compacidade da perna apresentou efeito ($P > 0,05$) do sexo e da idade ao abate. A idade influenciou ($P > 0,05$) comprimento interno, comprimento da perna, largura da garupa, perímetro de coxa, perímetro da garupa, perímetro do tórax, profundidade do tórax, profundidade interna do tórax e índice de compacidade da carcaça. Os cortes da carcaça: pescoço, paleta, costela, lombo e perna apresentaram efeito ($P > 0,05$) para idade de abate, apresentando comportamento semelhante ao do peso de carcaça quente e fria, demonstrando que estão distribuídos de formas similares na carcaça. Não foi observada influência ($P < 0,05$) do sexo nos cortes da carcaça. Considerando todas as características da carcaça, observa-se que a idade de abate do animal influenciam mais fortemente essas características da carcaça do que o fator sexo do animal. Os caprinos abatidos aos 100 dias de idade apresentaram melhores resultados em relação às características de carcaça e qualidade de cortes em comparação aos animais aos 70 dias, podendo ser comercializado como uma carne de boa qualidade com baixos teores calóricos, ideal para as pessoas que buscam uma dieta saudável.

Palavras-chave: Adiposidade da perna. Constituintes não carcaça. Cortes comerciais. Desempenho. Qualidade de carcaça.

Effect of sex and age on the quantitative and qualitative characteristics of the carcass, and the physicochemical characteristics of goats in an intensive system

ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate the effect of the age and sex of the animals on the characterization, quality and cuts of the carcass of goats originating from the crossing of breeds without defined racial pattern (Creoles), with breeders of the Boer breed, specialized in meat production. Were used 32 goats (16 males: 8 with 70 days and 8 with 100 days and 16 females: 8 with 70 days and 8 with 100 days), cross breeds of native animals crossed with the Boer breed. The average weights at birth were $3.11 \text{ kg} \pm 0.64$ (males) and $3.00 \text{ kg} \pm 0.76$ (females), for animals slaughtered at 70 days; and weights of $3.65 \text{ kg} \pm 0.71$ (males) and $3.25 \text{ kg} \pm 0.38$ (females), for those slaughtered at 100 days. For carcass characteristics, there was no effect of the interaction between factors or gender ($P > 0.05$), alone. There was an effect of age at slaughter ($P < 0.05$) for total weight gain, empty body weight, hot carcass weight, cold carcass weight, rib eye area, internal fat percentage, compactness index of carcass. The gender and age factors showed an interaction ($P < 0.05$) for the depth of the chest. Leg length and leg compactness index had effect ($P < 0.05$) on sex and age at slaughter. Age influenced ($P < 0.05$) internal length, leg length, croup width, thigh perimeter, croup perimeter, thorax perimeter, thorax depth, internal thorax depth and carcass compactness index. Carcass cuts: neck, palette, rib, loin and leg had effect ($P < 0.05$) for slaughter age, presenting behavior similar to that of hot and cold carcass weight, demonstrating that they are distributed in similar ways in the carcass. There was no influence ($P < 0.05$) of sex on carcass cuts. Considering all the characteristics of the carcass, it is observed that the age of slaughter of the animal influences these characteristics of the carcass more strongly than the sex factor of the animal. Goats slaughtered at 100 days of age showed better results in relation to carcass characteristics and quality of cuts compared to animals at 70 days of age, and can be marketed as good quality meat with low calorie levels, ideal for people looking for a healthy diet.

Keywords: Adiposity of the leg. Carcass quality. Commercial cuts. Non-carcass constituents. Performance.

1. INTRODUÇÃO

Devido à crescente demanda por carne magra e nutritiva, o consumo da carne caprina tem aumentado em todo o mundo (Pophiwa et al., 2019). Preocupações com hábitos alimentares levaram à demanda por alimentos mais saudáveis e padrões mais altos de produção de alimentos (Zhanga et al., 2019). O consumidor está se tornando mais vigilante quanto ao impacto da dieta sobre sua saúde a médio e longo prazo (Ayeb et al., 2019). Em geral, os consumidores preferem carnes saudáveis com qualidades sensoriais adequadas e propriedades funcionais (Brand et al., 2018).

A carne caprina é única em sabor e palatabilidade, possui baixa porcentagem de gordura e é uma boa fonte de ácidos graxos essenciais (Aghwan et al., 2014), por exemplo, ácidos graxos poli-insaturados (PUFAs), tornando-a uma carne vermelha atraente (Zhanga et al., 2019), com baixíssimos teores de calorias, colesterol, boa digestibilidade e ricos níveis de proteína e ferro (Wyness et al., 2011; Binnie et al., 2014). Os baixos índices de gordura e colesterol junto aos altos índices de nutrientes tornam a carne caprina recomendável para pessoas com problemas cardíacos e com diabetes (Anaeto et al., 2010; Guimarães, 2017). A menor quantidade de gordura da carne caprina pode ser atribuída à natureza dos caprinos em depositar maiores quantidades de gordura internamente na cavidade abdominal e menos na subcutânea e intramuscular (Casey, 1992; Goetsch, Merkel e Gipson, 2011).

A carne de caprino é comercializada como cabrito “mamão”, cabrito ou animal adulto, dependendo do costume e preferência local (Pophiwa, et al., 2019). A idade do abate afeta as características da carcaça e a qualidade muscular. Portanto, a carne de cabritos abatidos entre 3 e 9 meses de idade têm melhor qualidade do que carne de caprinos abatidas em outras idades (Toplu et al., 2013). A carne de cabrito “mamão” é obtida de animais com peso de carcaça de 4-6 kg, muitas vezes abatidas perto dos 60 dias de idade. É uma carne popular na França, América Latina e na Região do Mediterrâneo, principalmente na Espanha e em Portugal (Webb, 2014; Teixeira, et al., 2019). A carne do cabrito é adquirida, geralmente, com idade de 4 a 6 meses, com carcaça em torno de 12 kg. A carne de animais adulto é obtida com carcaça de 16-22 kg e é particularmente preferido na maior parte da África e Índia (Pophiwa et al., 2019).

Segundo Lourençon et al. (2016), produtores de cabras leiteiras utilizaram raças especializadas na produção de carne para cruzamento com fêmeas nativas, a fim de obter complementaridade entre raças e animais jovens disponíveis para abate com alto rendimento de carcaça e melhor qualidade da carne. Portanto, como no Nordeste do Brasil, os animais são

abatidos predominantemente com idade avançada (Guimarães, 2017), torna-se necessário estudar a hipótese de abate de animais mais jovens. Diante disso, o objetivo com este trabalho foi avaliar o efeito da idade e do sexo dos animais na caracterização, qualidade e cortes da carcaça de caprinos oriundos do cruzamento de matrizes sem padrão racial definido (Crioulas), com reprodutores da raça Boer, especializada na produção de carne.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Local do Experimento

O experimento foi realizado na Estação Experimental Pendência, pertencente à Empresa Estadual de Pesquisa Agropecuária da Paraíba (EMPAER -PB), localizada no município de Soledade, microrregião do Cariri Paraibano, situada entre as coordenadas geográficas de 7° 8' 18" latitude Sul e 36° 27' 2" latitude a oeste de Greenwich, com altitude de 534 m e temperatura média de 30 °C e umidade relativa do ar média de 70,1%.

2.2 Animais

O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética Animal da Universidade Federal da Paraíba-UFPB, Brasil (protocolo número 2305/14). Foram utilizados 32 caprinos (16 machos: 8 abatidos com 70 dias e 8 abatidos com 100 dias + 16 fêmeas: 8 abatidas com 70 dias e 8 com 100 dias), mestiços da raça Boer com cabras nativas. Os animais possuíam pesos médios ao nascer de 3,11kg±0,64 (machos) e 3,00 kg±0,76 (fêmeas) para os abatidos aos 70 dias e pesos de 3,65kg±0,71 (machos) e 3,25kg±0,38 (fêmeas), para os abatidos aos 100 dias de idade.

Os animais foram inicialmente identificados, pesados e tratados contra ecto e endoparasitas e vacinados contra clostridioses. Em seguida foram alojados em aprisco de chão batido com as mães que receberam durante três dias em cocho alimentação *ad libitum*, e as crias se alimentavam exclusivamente do leite materno. O período de adaptação constituiu de 14 dias e a pesagem dos cabritos foram realizadas semanalmente para o controle do ganho de peso. Todos os animais experimentais foram selecionados levando-se em consideração, semelhança de pesos vivos, o tipo de nascimento (simples, duplo e triplo) e peso vivo para evitar que estes efeitos influenciassem as características avaliadas.

2.3 Dieta e manejo

A partir dos 10 dias de idade, as crias recebiam uma dieta completa *ad libitum* em cochos privativos, *creep feeding*. A dieta foi formulada de acordo com o NRC (2007), visando ganho de peso de 200 g/ dia. Em uma relação 48:52 volumoso:concentrado, sendo utilizado o feno de capim Tifton (*Cynodon dactylon*), e os concentrados foram compostos por farelos de milho e soja. As crias foram alimentadas com leite materno e *creep feeding* até os 70 dias de idade (Tabela 1). Ao atingirem os 70 dias as crias desse grupo eram pesadas, anotando-se o seu escore corporal e encaminhados para o abate.

Tabela 1. Composição química dos ingredientes da dieta experimental com base na Matéria Seca para as crias com idade até os 70 dias

Ingredientes (g kg ⁻¹ na matéria seca)	Dieta
Feno de tifton	200
Farelo de milho	550
Farelo de soja	210
Óleo de soja	20
Sal mineral	10
Calcário	10
Composição química	
Matéria seca, MS (g kg ⁻¹ na dieta)	890
Proteína bruta, PB (g kg ⁻¹ na MS)	233
Matéria mineral, MM (g kg ⁻¹ na MS)	61
Extrato etéreo, EE (g kg ⁻¹ na MS)	50
Fibra detergente neutro, FDN (g kg ⁻¹ na MS)	258
Cálcio (g kg ⁻¹ na MS)	8,4
Fósforo (g kg ⁻¹ na MS)	3,8
Energia metabolizável, EM (Mcal kg ⁻¹ MS)	2,5

Após os 70 dias, os demais animais que permaneceram no sistema iniciaram um manejo diferente, sendo soltos com as suas respectivas mães, tendo acesso aos piquetes com pastagem nativa e blocos multinutricionais. No período da tarde, ao retornarem às instalações, receberam feno de capim Tifton (*Cynodon dactylon*) e concentrado numa relação 48% volumoso:52%:concentrado, até completarem 100 dias, momento do abate. O concentrado era composto de farelo de milho (36%), farelo de Soja (12%), óleo de soja (2%), sal mineral e calcário (2%).

Esses animais foram submetidos a jejum de sólido por 12 horas antes de cada pesagem para obtenção do peso de abate (PA).

2.4 Abate e avaliação de carcaça

Quando os animais atingiram o período estabelecido, foram pesados para obtenção do peso vivo final. Posteriormente, foram submetidos a um jejum sólido de 16 horas e pesados

para a obtenção do peso corporal ao abate (PCA). O ganho de peso total (GPT) dos animais foi verificado por pesagens semanais, sendo determinado pela diferença entre o peso vivo final e inicial.

O abate foi procedido em concordância com as normas vigentes do RIISPOA (Brasil, 2000): os animais foram insensibilizados por pistola de dardo cativo, por atordoamento na região atlanto-occipital seguido de sangria, por quatro minutos, pela seção da carótida e da jugular. O sangue foi recolhido em recipiente previamente tarado para posterior pesagem.

Todos os nãos constituintes da carcaça, comestíveis ou não, foram pesadas sendo as vísceras esvaziadas, lavadas e novamente pesadas, para determinação do rendimento de buchada e panelada. Como constituintes da buchada foram considerados: sangue, fígado, rins, pulmões, baço, língua, coração, abomaso, rúmen, retículo, omaso e intestino delgado (Medeiros et al., 2008). Para panelada foram considerados os constituintes da buchada acrescidos da cabeça e das patas (Clementino et al., 2007).

Após esfolar e evisceração, foram retiradas a cabeça (secção na articulação atlanto-occipital) e as patas (secção nas articulações metacarpianas e metatarsianas) e registrado o peso da carcaça quente (PCQ). Após esse procedimento, foram medidos o pH e a temperatura das carcaças no momento do abate 0 horas e com 24 horas após a entrada na câmara de refrigeração, utilizando-se um potenciômetro portátil tipo martelinho Digital (TESTO 205, Marca Testo, Modelo N°0563 2051, Brasil), introduzido em corte de 2 a 4 cm de profundidade, feito com bisturi no músculo *longissimus lumborum*, entre a 4ª e 5ª vértebras lombares, evitando-se dentro do possível, o contato com gordura e tecido conectivo (Cezar e Sousa, 2007).

Depois de obtido o PCQ, as carcaças foram conduzidas à câmara fria, com temperatura média de 4°C, onde permaneceram por 24 horas, suspensas em ganchos pelo tendão do músculo gastrocnêmico, e posteriormente foi obtido o peso de carcaça fria (PCF), segundo metodologia de Cezar e Sousa (2007). Com essas pesagens foi possível calcular os rendimentos de carcaça quente $[RCQ = \frac{PCQ}{PCA} \times 100]$, carcaça fria $[RCF = \frac{PCF}{PCA} \times 100]$, e a perda por resfriamento $[PPR (\%) = \frac{(PCQ-PCF)}{PCQ} \times 100]$.

O trato gastrointestinal (TGI) foi pesado cheio e vazio para determinação do peso do corpo vazio (PCV), através da seguinte fórmula: $PCV = PCA - [(TGIC - TGIV) + \text{urina} + \text{suco biliar}]$, cuja variável é base para o cálculo do rendimento verdadeiro ou biológico $[RV(\%) = \frac{PCQ}{PCV_z} \times 100]$.

As avaliações objetivas consistiam nas medições morfométricas: comprimento externo da carcaça (CE); comprimento interno (CI); comprimento de perna (CP); largura de tórax (LTO); largura de garupa (LGA); perímetro da coxa (PCO); perímetro de garupa (PEG); perímetro de tórax (PET); profundidade de tórax (PFT); profundidade interna do tórax (PFI) utilizando o hipômetro e a fita flexível (Truper®).

As medidas subjetivas conformação, acabamento e gordura renal (GR), consistiam na avaliação visual e comparativa das carcaças. A gordura interna (GI) foi constituída pela gordura pélvica (ao redor dos rins e região pélvica) e ao redor do trato gastrointestinal (omental e mesentérico).

A avaliação da conformação da carcaça foi realizada com ênfase nas regiões anatômicas (perna, garupa, lombo, paleta e seus planos musculares) e o acabamento com ênfase na espessura e distribuição dos planos adiposos em relação ao esqueleto, de acordo com as categorias e escores de acordo com a metodologia de Cezar e Sousa (2007). O grau de acabamento e a conformação das carcaças foram ponderadas mediante apreciação visual utilizando-se uma escala de 5 pontos (1- ruim para conformação e pobre para acabamento a 5- excelente para conformação e muito gordo para acabamento), com intervalos de 0,5. E para a gordura renal foi usada uma escala de 3 pontos (1- rins expostos, 2-rins parcialmente cobertos e 3-rins totalmente cobertos por gordura renal), segundo metodologia proposta por Cezar e Sousa (2007).

Posteriormente as carcaças foram seccionadas na sínfise ísquio-pubiana, seguindo o corpo e apófise espinhosa do sacro, das vértebras lombares e dorsais. Então, submeteu-se a carcaça a corte longitudinal (Colomerocher et al., 1986). Fizeram-se as seguintes mensurações: comprimento interno da carcaça (CI) e comprimento de perna (CP), segundo metodologia proposta por Cezar e Sousa (2007). A partir dessas mensurações foi possível calcular o índice de compacidade da carcaça $[ICC (kg/cm) = \frac{PCF}{\text{Comprimento interno de carcaça}}]$, e o índice de compacidade da perna (ICP), por meio da relação entre a largura da garupa e o comprimento de perna (Cezar e Sousa, 2007).

A área de olho-de-lombo (AOL) foi feita no músculo *Longissimus dorsi*, através do traçado do contorno do músculo em folha plástica de transparência, e assim, foram obtidas, por meio de régua, a largura máxima (A) e a profundidade máxima (B), e inserida na fórmula: $[AOL = (\frac{A}{2} \times \frac{B}{2}) \pi]$. Com o auxílio de um paquímetro digital (Modelo100-174BL, Marca Digimess), foram mensurada a espessura máxima de gordura de cobertura sobre a 12^a costela (GR) segundo Safari et al. (2001) e a espessura de gordura subcutânea (EGS).

No músculo *Longissimus dorsi* também foi realizada avaliação de marmoreio, textura e coloração da carne, metodologia descrita por Cezar e Sousa (2007). Na quantificação do marmoreio e textura foi atribuída escores de 1 a 5, O marmoreio (1-inexistente e 5-excessivo), a textura 1-muito grosseira, 2- grosseira, 3-levemente grosseira, 4- fina e 5- muito fina, Em seguida a coloração foi classificada como: 1-rosa claro, 2-rosa, 3-vermelho claro, 4-vermelho e 5-vermelho escuro.

O pernil esquerdo de cada animal foi identificado e armazenado em saco plástico e congelado em freezer a -18°C, para posteriores análises laboratoriais. As pernas obtidas das meias carcaças foram retiradas do freezer e descongelada em geladeira a uma temperatura de aproximadamente 4°C, durante 24 horas, para a determinação da composição tecidual da perna, segundo a metodologia descrita por Brown e Williams (1979).

Em seguida, com auxílio de pinça, bisturi e tesoura foram separados e quantificados os diferentes grupos tissulares: gordura subcutânea, gordura intermuscular (gordura encontrada abaixo da fáscia profunda), músculo, osso, outros tecidos (aqueles tecidos que não foram identificados, como glândulas, nervos, vasos sanguíneos e tendões) e suas relações músculo: osso e músculo: gordura.

O índice de musculosidade da perna (IMP) foi calculado segundo a metodologia descrita por Purchas et al. (1991), que consiste na dissecação dos cinco principais músculos que envolvem o fêmur,

Em que:

$$IMP = \frac{\sqrt{PM\ 5/CF}}{CF}$$

IMP = índice de musculosidade da perna;

PM 5 = peso (g) dos cinco músculos que envolvem o fêmur (*Bíceps femoris*, *Semitendinosus*, *Adductor*, *Semimembranosus* e *Quadriceps femoris*) e;

CF= comprimento do fêmur (cm)

2.5 Análises físico-químicas

Todas as análises físico-químicas foram realizadas em duplicata no músculo *Semimembranosus*, obtido através da dissecação do pernil foi mensurada a cor, através do colorímetro digital de guia de cores de 45° / 0° (Minolta, Modelo CR-400, Japão), utilizando o sistema CIE (L*, a*, b*), sendo L* (luminosidade), a* (intensidade de vermelho) e b* (intensidade de amarelo) (Miltenburg et al., 1992). Para aferir a cor, foram realizadas duas leituras nos músculos de cada animal, e a média foi calculada. As amostras foram

descongeladas durante a noite a 4°C e as leituras foram realizadas após 50 minutos à temperatura ambiente, tempo necessário para exposição da mioglobina ao oxigênio, formando a oximioglobina, pigmento principal na formação da cor vermelha brilhante da carne (Abularach et al., 1998).

Para determinação da perda por cocção (PPC), foram obtidos dois bifes com espessura de 2,5cm, o corte foi realizado transversalmente à direção das fibras musculares do músculo *Semimembranosus* (Wheeler, 1995). Os bifes foram descongelados por 24 horas em geladeira a 5°C, pesados em uma balança de precisão (SHIMADZU, modelo TX3202L), em seguida foram colocados juntos na grelha e assadeira e assada em forno elétrico a 150°C (FISCHER, modelo Star), até atingir 71°C no centro geométrico (monitoramento obtidos por termopares tipo k inseridos no centro da amostra) a leitura dos bifes foi obtida por um leitor digital (TENMARS, modelo TM-361).

As amostras juntamente com as grelhas e assadeiras ficaram exposta a temperatura ambiente, até atingirem a temperatura interna de 24 e 25°C utilizando um termômetro de inserção (TESTO, modelo 106) e pesadas obtendo-se a perda de peso expressa em porcentagem, metodologia descrita por Wheeler et al.(1995). Em seguida, a textura foi avaliada pela força de cisalhamento (FC) foram utilizadas as mesmas amostras da PPC, os bifes assados foram deixados à temperatura ambiente. Posteriormente, foram retirados no mínimo três cilindros no sentido das fibras musculares, com o vazador de 1,27 cm de diâmetro. A força necessária para cortar transversalmente cada cilindro em texturômetro acoplado à lâmina Warner-Bratzler (G-R MANUFACTURING CO, Modelo 3000) com célula de carga com 25kgf e velocidade de corte de 20 cm/min, de acordo com a metodologia descrita por Wheeler et al. (1995). Calculou-se a média dos cilindros para representar a textura ou força de cisalhamento (WB) de cada bife, expressa em kgf/cm² (Bratzler, 1949).

Para as análises de composição química foi utilizado o músculo *Semimembranosus*, de cada animal, foi realizada a limpeza e a remoção do tecido conjuntivo nas amostras de músculo, as amostras foram trituradas em um liquidificador doméstico até obtenção de uma massa homogênea. Os teores de umidade, cinzas e proteínas foram quantificados pela metodologia descrita pela AOAC (2005). A umidade foi determinada pelo método gravimétrico com o emprego de calor, o qual se baseia na perda de peso do material submetido a aquecimento de 105°C. O resíduo mineral cinzas foi determinado submetendo-se as amostras a 550°C. A proteína foi determinada conforme o método de Kjeldahl, após a digestão da amostra com a mistura digestora (sulfato de cobre e sulfato de potássio) e ácido sulfúrico, em seguida foi realizada a destilação e a titulação com solução de ácido clorídrico.

Aplicando-se 6,25 como fator de conversão de nitrogênio em proteína. Os resultados foram expressos em g/100 g.

A gordura foi extraída pelo método a frio de Folch et al. (1957), com solução de clorofórmio e metanol (2:1), seguida de evaporação do solvente em estufa a 105°C. Todas as análises químicas foram realizadas em duplicatas.

2.6 Análise estatística

O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2x2 (duas idades ao abate e dois sexos). Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey considerando significativo o nível de 5% de probabilidade. Utilizou-se o procedimento MIXED do programa SAS (2001).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para as características de carcaça observa-se que não houve efeito de interação nem influência do sexo ($P>0,05$). Todavia, houve efeito da idade ao abate ($P<0,05$) para o ganho de peso total, peso ao abate e de corpo vazio, peso de carcaça quente, peso de carcaça fria, área de olho de lombo, medida GR, percentual de gordura interna, (Tabela 2).

Tabela 2. Ganho de peso e características de carcaça de caprinos em função do sexo e das idades

Variáveis	Sexo (S)		Idade (I)		EPM	Valor de P		
	Macho	Fêmea	70	100		Sexo	Idade	SxI
GPT (kg)	13,20	12,74	11,05	14,89	1,22	0,301	<,0001	0,988
PA (kg)	16,58	15,87	13,69	18,31	1,33	0,142	<,0001	0,753
PCV (kg)	13,25	13,79	11,79	15,17	1,10	0,255	<,0001	0,951
PCQ (kg)	8,36	7,46	6,63	9,19	2,06	0,227	<0,001	0,623
PCF (kg)	7,64	7,36	6,47	8,53	0,74	0,284	<,0001	0,638
RCQ (%)	49,71	46,92	47,01	49,63	8,06	0,336	0,366	0,772
RB (%)	60,04	56,14	56,16	60,03	9,56	0,258	0,261	0,685
RCF (%)	46,09	46,25	45,84	46,49	2,16	0,829	0,400	0,124
PR (%)	4,99	1,43	2,47	3,96	8,28	0,234	0,615	0,562
AOL (cm ²)	5,61	5,57	4,80	6,38	0,80	0,884	<,0001	0,715
EGS (mm)	0,35	0,31	0,29	0,38	0,11	0,432	0,059	0,917
GR (mm)	6,34	6,43	5,42	7,34	1,27	0,835	0,001	0,574
PGI (%)	2,33	2,81	2,26	2,89	0,69	0,062	0,015	0,486

GTP=Ganho de Peso Total; PA= Peso ao abate; PCV = Peso de corpo vazio; PCQ= Peso de carcaça quente; PCF=Peso de carcaça fria; RCQ= Rendimento de carcaça quente; RB= Rendimento Biológico; RCF= Rendimento de carcaça fria; PR = Perda por resfriamento; AOL (área de olho de lombo); EGS (espessura de gordura subcutânea); GR (medida GR, espessura máxima de gordura de cobertura); PGI (percentual de gordura interna); EPM: Erro Padrão da Média.

Os valores dessas características de carcaça, de modo geral, aumentaram com idade ao abate. Esses resultados podem ser justificados como resposta ao crescimento dos animais, que influenciou o aumento das médias dessas características (Pereira Filho et al., 2008; Menezes et al., 2009). Os ótimos pesos de carcaça de caprino variam entre 12 e 15 kg, visto o aumento no rendimento da carne magra (Webb, 2014). Em relação ao efeito do sexo, o resultado foi semelhante ao observado por Ozcan et al. (2014) avaliaram cabritos e cabritas da raça Gokceada criados em diferentes sistema de produção e, também, com diferentes sexo, não detectaram efeito para sexo ($P>0,05$) sobre o peso de carcaça quente.

Pode-se inferir que o maior ganho de peso dos animais abatidos aos 100 dias neste estudo está associado à maior tempo tiveram os animais desse grupo a uma dieta sólida, inclusive de melhor valor nutricional (Tabela 1), além do melhor desenvolvimento ruminal, a exemplo do que observaram Ekiz et al. (2012), em relação à taxa de crescimento e peso vivo pré-abate de cordeiros não desmamados até os 120 dias de idade, que foi maior do que nos cordeiros desmamados aos 45 e 75 dias de idade.

Os rendimentos de carcaça quente, rendimento biológico, rendimento de carcaça fria, perda por resfriamento e espessura de gordura subcutânea, também, não apresentaram efeito ($P>0,05$) para os fatores avaliados (Tabela 2). Efeito correlacionado ao fato dos animais ainda estarem em fase inicial de crescimento, não apresentando desenvolvimento total de suas vísceras e possuírem pouco conteúdo ruminal (Amaral, et al., 2007). Através do cálculo de rendimento biológico podemos deduzir que o abate de animais aos 70 dias proporciona uma boa qualidade de carcaça com menos tempo de confinamento.

O rendimento de carcaça fria se manteve na mesma proporcionalidade; porém, inferior ao rendimento de carcaça quente, que ocorre devido à perda de água por evaporação ocorrida no músculo durante o resfriamento na câmara fria, em consequência da reduzida quantidade da gordura de cobertura que protege a carcaça do ressecamento pelo frio (Lisboa et al., 2010; Gomes et al., 2011). Pode ser observado, também, menor grau de acabamento de carcaça em animais abatidos com menor peso e, conseqüentemente, maiores perdas por resfriamento.

O rendimento de carcaça quente aos 100 dias, com média de 49,63%, foi maior do que o encontrado por Menezes et al. (2008) aos 90 dias, em caprinos da raça (Alpino e Boer). Os animais do presente estudo, abatidos aos 100 dias, após o desmame, tiveram uma dieta melhor e puderam manter uma ótima taxa de crescimento, refletidos nos melhores índices de carcaça (Tabela 1).

A perda por resfriamento não foi influenciada ($P>0,05$) pelo sexo e idade dos animais e apresentou média de 3,21%, considerada dentro da amplitude de 1 e 7% (Souza et al., 2015). Em animais mais jovens, a perda pelo resfriamento tende a ser maior (Grande et al., 2003). Esses resultados foram possivelmente originados pela baixa quantidade de cobertura na carcaça, além de que a espécie caprina naturalmente apresenta reduzida deposição de gordura subcutânea em detrimento da maior deposição de gordura cavitária (Costa et al., 2010).

. A AOL dos animais foi influenciada pela idade ($P<0,05$) com médias de $4,80\text{cm}^2$ e $6,83\text{cm}^2$, aos 70 e 100 dias ao abate, respectivamente. Esse corte apresenta comportamento tardio em relação ao crescimento de toda a carcaça, o que corrobora com os resultados obtidos, mostram, também, que estes valores são compatíveis para animais dessas idades, como verificaram Menezes et al. (2009), quando avaliaram características de carcaça e maciez da carne de caprinos considerando o efeito de sexo (macho e fêmea), grupo racial (Alpino e Boer) e idade (60 e 90 dias) ao abate, e observaram valores de AOL ($5,89\text{cm}^2$ com 60 dias) e ($7,83\text{cm}^2$ com 90 dias).

Como a área de olho de lombo é um parâmetro de músculo no animal, pressupõe-se que o cruzamento dos animais Criollos com a raça Boer melhore o índice de musculosidade. A dieta formulada com 2,05 Mcal/kg MS favoreceu um bom desenvolvimento da área de olho de lombo na carcaça de caprinos influenciando em maior quantidade de músculo (Cartaxo, et al., 2011).

A espessura de gordura de cobertura (EGS) na carcaça é uma importante medida econômica para o frigorífico, e alguns fatores como: raça, sexo, peso da carcaça, alimentação, entre outros, podem influenciar (Sousa et al., 2009). A EGS não diferenciou entre os sexos ($P>0,05$). Os caprinos com 70 dias apresentaram menor espessura de gordura do que os animais aos 100 dias (0,29 mm vs 0,38 mm). Os resultados alcançados para EGS, foram abaixo dos descritos por Dhanda et al., (2003), com medidas de 1,3 mm em carcaças tipo capretto. A ração fornecida aos animais possivelmente não conseguiu incrementar significativamente nos parâmetros de acúmulo de gordura na carcaça, além dos animais encontram-se na fase de transição. Sendo assim, essa pesquisa demonstra a potencialidade de caprinos mestiços de Boer abatidos com 70 e 100 dias como produtores de carne mais magra, característica exigida pela maioria do mercado consumidor.

A idade também teve efeito sobre a medida GR com valores que estão coerentes com a idade e peso dos animais, abaixo do que se considera como ideal para espessura de gordura GR (Cezar e Sousa, 2007), que são valores entre 7 e 12 mm.

A profundidade do tórax apresentou interação ($P < 0,05$) para sexo e idade (Tabela 3). O comprimento de perna e o índice de compacidade da perna apresentou efeito significativo ($P < 0,05$) para sexo e idade. Houve efeito da idade ($P < 0,05$) para o comprimento interno, comprimento da perna, largura da garupa, perímetro de coxa, perímetro da garupa, perímetro do tórax, profundidade do tórax, profundidade interna do tórax e índice de compacidade da carcaça. Medidas de desenvolvimento ósseo, representadas por comprimentos internos de carcaça e comprimento da perna, estão diretamente relacionados com taxa de crescimento animal (Queiroz et al., 2015).

Tabela 3. Medidas morfométrica na carcaça, índices e espessura de gordura das carcaças de caprinos em função do sexo e da idade de abate

Variáveis	Sexo (S)		Idade (I)		EPM	Valor de P		
	Macho	Fêmea	70	100		Sexo	Idade	SxI
CE (cm)	48,13	46,25	44,88	49,50	1,97	0,011	<,0001	0,377
CI (cm)	54,13	53,00	51,25	55,88	2,92	0,284	0,001	0,284
CP (cm)	32,07	31,00	30,31	32,75	1,52	0,057	<,0001	0,565
LTO (cm)	10,69	10,94	10,63	11,00	0,63	0,274	0,105	1,000
LGA (cm)	12,50	12,81	11,88	13,44	0,66	0,190	<,0001	0,190
PCO (cm)	26,75	27,19	25,44	28,50	0,99	0,223	<,0001	0,381
PEG (cm)	39,13	39,69	36,50	42,31	2,37	0,508	<,0001	0,341
PET (cm)	52,13	51,50	49,50	54,13	1,65	0,294	<,0001	0,832
PFT (cm)	19,44	18,88	18,50	19,81	0,95	0,104	0,0005	0,359
ICC (kg/cm)	0,14	0,14	0,13	0,15	0,01	0,902	<,0001	0,902
ICP (cm ²)	0,39	0,41	0,39	0,41	0,02	0,011	0,033	0,492
IMP	0,36	0,37	0,35	0,38	0,04	0,192	0,133	0,879

CE= comprimento externo; CI= comprimento interno; CP= comprimento de perna; LTO= largura de tórax; LGA= largura de garupa; PCO= perímetro da coxa; PEG= perímetro da garupa; PET= perímetro de tórax; PFT= profundidade de tórax; ICC = índice de compacidade da carcaça; IMP = índice de musculosidade da perna; ICP= índice de compacidade da perna. EPM: Erro padrão da média.

O índice de compacidade da perna é um parâmetro de eficiência da proporção de carne na perna (Pimenta, et al., 2020). O índice de compacidade de perna aumentou com a idade de abate. Em relação ao efeito de sexo, a média das fêmeas foi superior à dos machos. A superioridade das fêmeas é correspondente, tendo em vista possuírem maior largura de garupa, medida utilizada no cálculo desse índice; além de ser uma característica anatômica correspondente ao parto, assim mais progredida na fêmea (Siqueira et al., 2001).

Ozcan et al. (2014), em seu trabalho com cabritos Gokceada, avaliando sistema de produção e sexo, não encontram efeito do sexo sobre profundidade de tórax, comprimento da perna, comprimento do membro posterior, índice de compacidade da carcaça e índice de compacidade da perna. Costa et al. (2010) também não encontraram nenhuma diferença atribuída ao sexo para comprimento interno, largura da garupa e perímetro da garupa em caprinos da raça Blanca Serrana Andaluza.

A idade também teve efeito sobre o ICC, com valores de 0,12 e 0,15 kg cm⁻¹, para a idade de 70 e 100 dias, respectivamente, reflete a maior deposição de tecido muscular por unidade de área (cm) para as carcaças dos animais abatidos aos 100 dias, resultando em carcaças mais volumosas e, conseqüentemente, em cortes mais atraentes (Amorim et al., 2008). Semelhante ao valor de 0,14 kg/cm encontrado por Silva et al. (2010) para o ICC de caprinos Boer com idade inicial de 90 dias.

Foi observado interação ($P < 0,05$) para gordura renal (Tabela 4). A gordura renal foi influenciada pelo sexo e idade. Para as variáveis, conformação, acabamento, textura e cor houve efeito ($P < 0,05$) da idade de abate.

Tabela 4. Características subjetivas da carcaça de caprinos, em função do sexo e das idades

Variáveis	Sexo (S)		Idade (I)		EPM	Valor de P		
	Macho	Fêmea	70	100		Sexo	Idade	SxI
Conformação (1-5)	1,56	1,47	1,41	1,63	0,20	0,205	0,005	0,349
Acabamento (1-5)	1,51	1,44	1,34	1,60	0,18	0,249	0,003	0,336
Gordura renal (kg)	1,86	2,41	1,89	2,38	0,37	0,002	0,009	0,044
Textura (1-5)	4,29	4,33	4,57	4,06	0,10	0,300	<,0001	0,170
Cor (1-5)	4,25	4,27	4,53	3,98	0,09	0,553	<,0001	0,842
Marmoreio (1-5)	0,21	0,23	0,20	0,23	0,14	0,715	0,544	0,076

EPM: Erro padrão da média.

A gordura renal foi depositada em maior quantidade nas carcaças das fêmeas, naturalmente as fêmeas apresentam maior deposição de gordura em relação aos machos. Segundo as características fisiológicas os animais machos inteiros possuem maior teor de músculo do que os machos castrados e as fêmeas (Bonvillani, et al., 2010). Além do que os animais desta pesquisa não tinham atingiram a puberdade. A puberdade pode ser explicada como o momento a partir do qual o animal tem capacidade de reproduzir-se, normalmente atingido entre cinco e 12 meses de idade (Rodrigues, et al., 2010).

A cor é um parâmetro principal de apreciação no momento da compra, a mioglobina, proteína relacionada nos processos de oxigenação do músculo, distinguir-se como principal pigmento responsável pela cor da carne (Costa, et al., 2008). Quanto mais jovens são os animais mais clara é a carne (Lucas et al., 2010). Animais em fase de aleitamento apresentam menores concentrações de mioglobina em virtude da deficiência de ferro no leite, acarretando a uma menor síntese de mioglobina no músculo. As concentrações de mioglobina aumentam com o avanço da maturidade fisiológica do animal, ocasionando, a intensidade da cor da carne (Dhanda et al., 2003a).

Na escala de definição de carcaça (Cezar e Sousa 2007), os animais deste estudo apresentaram carcaças razoáveis para conformação, magro para acabamento, fina para textura,

na faixa de cor rosa e com marmoreio ausente, resultado da idade ao abate desses animais, constituindo-se, essas carcaças, em um produto diferenciado pela sua maciez e textura. A textura é o grau em que a carne cozida é suscetível à mastigação ou a resistência à fragmentação (Zhang et al., 2019).

O peso e rendimento dos cortes comerciais não apresentaram interação ($P>0,05$) para sexo e idade (Tabela 5). Os cortes da carcaça: pescoço, paleta, costela, lombo e perna apresentaram efeito significativo ($P<0,05$) para idade de abate, apresentando comportamento semelhante ao do peso de carcaça quente e fria, demonstrando que estão distribuídos de formas similares na carcaça. Não foi observada influência ($P>0,05$) do sexo nos cortes da carcaça nem para os seus rendimentos.

Tabela 5. Peso e rendimento dos cortes comerciais de caprinos em função do sexo e das idades

Variáveis	Sexo (S)		Idade (I)		EPM	Valor de P		
	Macho	Fêmea	70	100		Sexo	Idade	SxI
Pescoço (kg)	0,47	0,44	0,41	0,51	0,07	0,333	<,0001	0,076
Paleta (kg)	0,81	0,76	0,70	0,87	0,08	0,086	<,0001	0,633
Costela (kg)	0,97	0,95	0,84	1,08	0,14	0,796	<,0001	0,626
Lombo (kg)	0,41	0,41	0,34	0,48	0,05	0,801	<,0001	0,801
Perna (kg)	1,24	1,21	1,08	1,38	0,13	0,356	<,0001	0,476
Pescoço (%)	6,20	6,11	6,27	6,04	0,73	0,751	0,393	0,087
Paleta (%)	21,29	20,73	21,67	20,36	0,85	0,072	0,001	0,898
Costela (%)	25,51	25,95	26,01	25,44	3,05	0,682	0,603	0,953
Lombo (%)	10,68	11,26	10,70	11,24	0,82	0,056	0,072	0,251
Perna (%)	32,81	32,81	33,38	37,6	1,13	0,975	0,007	0,378

EPM: Erro padrão da média.

A idade ao abate foi determinante no peso e rendimento dos cortes comerciais, tendo a perna o maior rendimento (Tabela 4), correspondente a 33,38 e 37,6% da carcaça, sendo maior para os animais aos 100 dias. Resultados semelhantes também foram observados por Costa et al. (2010) para caprinos com 19 kg de peso vivo e resultados obtidos para cabritos F1 Boer $\times$ Saanen. Além disso, a perna desempenha a maior contribuição para o peso da carcaça, por causa do seu maior rendimento muscular e a maior maciez da carne (Pimenta, et al., 2020; Cézar e Sousa, 2010).

A porcentagem total de cortes considerados nobres (paleta, lombo e perna) encontrado neste estudo foi de 67,48%, valores de raças especializadas para produção de carne, (Silva Sobrinho et al., 2005). Menezes et al. (2009) encontraram maiores proporções dos cortes paleta e perna e sem efeito ($P>0,05$) para sexo. A paleta e perna foram os cortes intermediários, com peso médio de 0,785 kg e 1,228 kg com 21,01% e 34,15% da carcaça,

respectivamente. A paleta e a perna juntas geralmente superam 50% da carcaça e são os melhores para prever a composição do tecido da carcaça (Pimenta, et al., 2020).

O corte das costelas é muito valorizado, atingindo altos preços de mercado (Costa, et al., 2011). Nesta pesquisa, costelas e pernas juntas representaram os maiores pesos da carcaça com média cerca de 59% do peso da carcaça, independentemente do tratamento. Em animais jovens, com peso de abate semelhante, a costela tende a crescer mais rápido que a paleta, evento atribuído a maior proporção de osso neste corte e de músculo na paleta (Pereira Filho et al., 2008).

Em relação ao lombo foi observado rendimento médio de 10,97%, o que se atribui aos pesos de carcaça quente e fria encontrados nesta pesquisa (Tabela 2). O lombo é o corte mais tardio da carcaça, provavelmente a deposição de músculos e tecido adiposo não tenha ocorrido em tempo suficiente para atingir maiores valores, pois os animais foram abatidos aos 70 e 100 dias. O processo de deposição de proteína e gordura ocorre simultaneamente durante a fase inicial do crescimento do animal, porém, no estágio final do desenvolvimento, a deposição de proteína cessa, e o tecido adiposo continua com a idade e o peso corporal (Bergen, 1974). Os pesos e rendimentos de corte de carcaça obtidos neste estudo confirma a qualidade da carcaça de caprinos mestiços Boer.

Observaram-se maiores rendimentos do pescoço para os machos (6,20%), é o corte caprino de menor valor comercial por possuir pouca distribuição de massa muscular. O maior desenvolvimento do pescoço nos machos é uma característica sexual secundária, influenciada por fatores hormonais, resultando nos machos pescoços mais musculosos (Yáñez et al., 2009).

Não foi observada diferença ($P>0,05$) (Tabela 5) para os rendimentos de corte em relação ao sexo, pois pela lei da harmonia anatômica, no qual, em carcaças de pesos e quantidades de gorduras similares quase todas as regiões corporais se encontram em proporção semelhantes, qualquer que seja a conformação dos genótipos (Moreno et al., 2010). De acordo com Menezes et al. (2009) cabritos abatido com peso médio de 18 kg apresentaram maiores proporções de cortes nobres como paleta e pernil, porém não observou-se influência ($P>0,05$) para sexo.

A composição tecidual da perna não apresentou ($P>0,05$) interação entre sexo e idade (Tabela 6). Porém, às variáveis osso e relação M:O, diferiram significativamente ($P<0,05$) para sexo e idade. As variáveis; perna resfriada, músculo e gordura, diferiram ($P>0,05$) de acordo com a idade ao abate.

Tabela 6. Composição tecidual da perna esquerdo de caprinos em função do sexo e das idades

Variáveis	Sexo (S)		Idade (I)		EPM	Valor de P		
	Macho	Fêmea	70	100		Sexo	Idade	SxI
Perna resfriada (kg)	1,23	1,19	1,06	1,36	0,12	0,302	<,0001	0,415
Músculos (kg)	0,76	0,75	0,64	0,86	0,12	0,773	<,0001	0,505
Outros Tecidos (kg)	0,04	0,04	0,04	0,04	0,01	0,791	0,791	0,193
Ossos (kg)	0,27	0,23	0,23	0,27	0,03	0,003	0,002	0,959
Gordura (kg)	0,07	0,07	0,06	0,08	0,02	0,850	0,045	1,000
Músculo:Osso	2,83	3,17	2,77	3,23	0,42	0,028	0,004	0,329
Músculo:Gordura	10,80	11,57	11,17	11,21	3,95	0,589	0,977	0,571

Outros Tecidos = (vasos sanguíneos e linfáticos, nervos, tendões e gânglios linfáticos), EPM: Erro padrão da média.

Os machos apresentam maior crescimento ósseo em relação às fêmeas, principalmente nos ossos longos (Rosa, et al., 2002). Os tecidos muscular, ósseo e adiposo apresentaram, com valores médios de 0,75, 0,25 e 0,07 kg, respectivamente para idade, proporcionaram, assim, carcaça de qualidade com elevada proporção de músculo, baixa proporção de ossos e quantidade adequada de gordura intermuscular, o que favorece a suculência e maciez da carne conforme Marques et al. (2013).

Os valores médios para as relações, músculo: osso e músculo: gordura foi de, 3,00 e 11,19 são compatíveis com as idades ao abate, evidenciando que são variáveis relacionadas ao peso e à idade do animal, porque são associadas com o desenvolvimento dos tecidos em questão (Palmieri et al., 2012), mas nem sempre o aumento no peso vivo significará melhor qualidade da carcaça, daí a necessidade de ser analisar a relação músculo:osso:gordura (Silva Sobrinho et al., 2005), ressaltando-se que o músculo é o componente mais importante, porque quanto maior o seu percentual maior é o rendimento muscular, portanto, maior será a proporção de tecidos comestíveis na carcaça.

Quando se avaliou a proporção músculo: gordura observou-se que não houve efeito nem para sexo nem idade, uma vez que o peso corporal no abate dos animais foi semelhante e na idade em que os animais foram abatidos, a gordura da perna era pequena, porque é de crescimento tardio, enquanto o crescimento muscular é isométrico, sobressaindo, portanto, a fração músculo em relação à gordura, como observado por Rosa et al. (2002) e Palmieri et al. (2012).

A composição química do músculo *Semimembranosus* de caprinos não apresentou interação nem efeito ($P>0,05$) para sexo e idade ao abate (Tabela 7).

7. Parâmetros químicos e físicos da carne de caprinos em função do sexo e da idade

Variáveis (g 100g ⁻¹)	Sexo (S)		Idade (I)		EPM	Valor de P		
	Macho	Fêmea	70	100		Sexo	Idade	SxI
Água	75,99	76,28	75,81	76,46	3,01	0,700	0,384	0,279
Cinza	1,02	1,04	1,02	1,04	0,19	0,729	0,757	0,975
Proteína	21,62	21,51	21,41	21,72	1,15	0,712	0,279	0,806
Gordura	1,96	2,17	2,13	1,99	0,73	0,258	0,453	0,670
pH0 horas	6,62	6,67	6,62	6,67	0,22	0,529	0,635	0,165
pH24horas	5,83	5,66	5,67	5,82	0,26	0,061	0,106	0,592
Temp, 0horas	33,79	34,21	33,40	34,60	1,77	0,508	0,066	0,471
Temp, 24horas	6,29	6,28	5,22	7,34	1,03	0,986	<,0001	0,552
Cor: L*	36,75	34,11	35,32	35,52	4,98	0,010	0,846	0,020
a*	7,49	8,59	8,00	8,08	2,99	0,073	0,905	0,364
b*	7,30	6,90	7,13	7,07	3,03	0,511	0,914	0,322
FC (kg/cm ²)	2,99	3,08	3,11	2,95	1,02	0,666	0,398	0,023
PPC (%)	33,79	35,73	34,80	34,71	4,74	0,107	0,941	0,066

Temp = Temperatura; Min= Minutos; L* = luminosidade; a* = Intensidade de vermelho; b* = Intensidade de amarelo; FC= Força de cisalhamento; PPC= perda de peso por cocção; EPM: Erro padrão da média.

Quando se observa os valores médios para a variação da umidade, que ficaram entre 75,81 e 76,46 g/ 100g⁻¹; para cinzas entre 1,02 e 1,04 g 100g⁻¹; lipídeos entre 2,13 e 1,99 g 100g⁻¹; e para proteína, 21,41 e 21,72 g 100g⁻¹, estes resultados corroboram com Toplu et al. (2013), que, também, não encontram efeito de sexo e da idade na porcentagem de proteína variando de 19,34 a 20,81 g 100g⁻¹ e cinza em média 1,11 g 100g⁻¹ para cabritos de diferentes idades e sexo.

Resultados semelhantes ao do trabalho Kessler et al. (2014), analisando a composição química da carne de cabritos abatidos em idades diferentes, encontraram valor de umidade 75,99 g 100g⁻¹; 20,20 g 100g⁻¹ de proteína; 1,25 g 100g⁻¹ para cinza e média de 0,82 g 100g⁻¹ para gordura de cabritos com 8 a 9 meses. Os animais mais jovens apresentam maior teor de umidade e menor em gordura. Hashimoto et al. (2007), trabalhando com animais Boer x Saanen aos 132 ±5 dias de idade observaram valores para proteína entre 19,98 e 20,77%.

A intensidade de brilho na carne (L*) e a Força de cisalhamento (FC) apresentaram interação (P<0,05) sexo e idade. O pH não apresentou efeito significativo (P>0,05) para sexo e idade, variando respectivamente entre 6,62 a 6,67 para sexo e 6,62 a 6,67 para idade à 0 horas e 5,83 e 5,66 para sexo e 5,67 a 5,82 para idade à 24 horas (Tabela 7).

Os valores de pH das carcaças encontrados nesta pesquisa encontra-se na faixa dos valores de pH adequados após 24 horas de abate para carne caprina que variam de 5,8 a 5,5 (Madruga et al., 2005; Silva Sobrinho et al., 2005), próximo ao ponto isoelétrico das proteínas (Costa et al., 2010). O potencial glicolítico pode ter sido semelhante em todas as dietas, resultando no valor de pH final semelhante (Hajji et al., 2016).

Valores de pH próximo ao relato foi encontrado por Borgogno et al. (2015), que avaliaram a preferência dos consumidores entre cabrito mamão (1 a 1,5meses) e cabrito (3 a 4

meses); (4 a 5 meses), (5 a 5,5 meses); (5,5 a 6 meses) encontrou valores de pH variando em média de 5,68 e 5,87. Quando o pH atinge valor menor que 6,0 nas primeiras horas de abate com temperaturas ainda altas, próximas aos 35°C, são denominadas “PSE”- – “*pale*/palida, *soft*/macia, *exudative*/exudativa”. Entretanto, se o pH permanecer com valores maior que 6,0 após às 24 horas *post mortem*, tem indicação de carne “DFD” – “*dark*/escura, *firm*/firme, *dry*/seca” (Ramos e Gomide, 2009).

A velocidade da queda do pH após o abate, é resultado das reações químicas *post mortem*, que compõe um dos fatores importantes na transformação do músculo em carne, influenciando o resultado final da qualidade da carne (Maciel et al., 2011). Se as reservas de glicogênio estiverem em níveis adequados garantindo a queda do pH irá gerar valores finais de pH ao redor de 5,5 após 24 horas, não afetando a características de coloração da carne.

A idade teve efeito sobre a temperatura 24 horas ($P<0,05$), que variou de 5,22° (70 dias) e 7,34° (100 dias), respectivamente. Neste contexto, a queda do pH e da temperatura durante o processo de *rigor mortis* das carcaças influenciam diretamente a qualidade da carne, no que se refere a cor e maciez, além de alterar as características organolépticas da carne (Monte et al., 2007).

Já nos aspectos de coloração da carne, a intensidade de brilho na carne (L^*), determinados no músculo *Semimembranosus*, diferiu entre os sexos ($P<0,05$). Provavelmente, é decorrente das concentrações de mioglobina aumentarem com o avanço da maturidade fisiológica do animal, por conseguinte, a intensidade da cor da carne (Hajji et al., 2016). Bonvillani et al. (2010), ao estudarem o efeito do sexo e idade/ peso no abate sobre a qualidade de carne de cabritos Criollo Cordobês, encontraram efeito de sexo para L^* com maiores valores para os machos (42,71 versus 39,53) em relação as fêmeas.

Todos os valores de L^* ficaram acima de 34, indicando carne clara e aceitável (Hajji et al., 2016), resultado do abate de animais jovens. A carne de animais produzidos em sistema extensivo apresenta uma coloração mais escura, em virtude da maior concentração de mioglobina, necessária para promover uma melhor oxigenação do músculo, pois há maior atividade física desenvolvida pelos animais a pasto (Vestergaard et al., 2000).

No entanto, não houve efeito entre as idades de abate estudadas para nenhuma das frações, por serem abatidos muito jovens e as idades próximas, o que está em acordo com os estudos de Marichal et al.(2003) e Bonvillani et al. (2010). As carnes de animais mais jovens possuem valores de a^* mais baixos, possivelmente pelas diferentes idades de abate e dietas a que estes são submetidas (Velasco et al., 2004). Animais mais jovens recebem

proporcionalmente mais leite, com baixo conteúdo de ferro, resultando em uma menor quantidade de mioglobina na carne (Zapata et al., 2004).

A perda de peso por cocção não foi afetada ($P>0,05$) pelos tratamentos. O valor médio foi de 34,76 do líquido expelido, que coincide com a similaridade nos valores finais de pH de todos os caprinos. Em relação às perdas por cocção, os resultados observados neste estudo são típicos da carne de animais jovens, como mencionado por Todaro et al. (2002).

A força de cisalhamento (FC) não teve efeito ($P>0,05$) do sexo e das idades ao abate, apresentando valores médios de 3,03 kgf/cm², caracterizando a carne como sendo macia, considerando a escala de dureza descrita por Cezar e Sousa (2007), que classificaram carne macia com valores de força cisalhamento de até 2,27 kgf/cm², maciez mediana de 2,27 – 3,63 kgf/cm², dura acima de 3,63 Kgf/cm² e acima de 5,44 kgf/cm² é considerada extremamente dura.

Os resultados para força de cisalhamento foram semelhantes aos de Toplu et al. (2013), que não encontram efeito do sexo para força de cisalhamento, com valores médio de 4.63 kgf/cm² para fêmea e 5.09 kgf/cm² para o macho. Caprinos abatidos jovens (70 e 100 dias) favorecem a uniformidade do resultado com maciez na carne. Os diferentes genótipos, sistema de criação e a idade são fatores que estão altamente correlacionadas com a maciez da carne (Silva Sobrinho et al., 2005).

Os pesos e rendimentos dos não constituintes da carcaça de caprinos de sexos e idades diferentes apresentaram interação ($P<0,05$) para o fígado (Tabela 8).

Tabela 8. Pesos e rendimentos dos não constituintes da carcaça de caprinos de sexos e idades diferentes

Variáveis (kg)	Sexo (S)		Idade (I)		EPM	Valor de P		
	Macho	Fêmea	70	100		Sexo	Idade	SxI
Sangue	0,64	0,59	0,53	0,69	0,06	0,014	<,0001	0,189
Cabeça	0,81	0,78	0,71	0,88	0,09	0,378	<,0001	0,647
Fígado	0,28	0,27	0,26	0,29	0,02	0,860	0,014	0,006
Coração	0,08	0,08	0,07	0,09	0,02	1,000	0,079	0,772
Baço	0,02	0,02	0,02	0,02	0,005	0,229	0,063	0,602
Patras	0,51	0,46	0,45	0,51	0,03	0,001	0,001	0,809
Diafragma	0,06	0,05	0,04	0,06	0,01	0,256	0,001	0,818
Esôfago	0,06	0,05	0,01	0,02	0,005	0,508	0,001	0,324
Rins	0,31	0,30	0,50	0,56	0,09	0,931	<,0001	0,931
Cauda	0,29	0,28	0,24	0,32	0,05	0,324	0,001	0,509
Rendimento de buchada “PCV” (%)	32,77	32,57	31,36	33,98	2,49	0,824	0,006	0,640

PCV= peso de corpo vazio; EPM: Erro padrão da média.

Houve diferença ($P<0,05$) em relação ao sexo, para os constituintes não carcaça sangue e patas, com superioridade para os machos. Considerando-se a idade ao abate,

observa-se que houve efeito ($P < 0,05$) para os constituintes: sangue, cabeça, fígado, coração, pés, diafragma, esôfago, rins, cauda e rendimento de buchada.

Em relação aos constituintes não carcaça (sangue, pele, cabeça, fígado, coração, pés, diafragma, esôfago, rins e cauda), é preciso considerar que eles se desenvolvem com a mesma velocidade do corpo, à medida que o peso corporal aumenta os pesos dos componentes também aumentam (Butterfield, 1988). Este fato explica as diferenças observadas no presente estudo em relação às idades de abate, que resultaram em pesos corporais diferentes e, da mesma forma, dos constituintes não carcaça, que são importantes na confecção de pratos típicos da culinária brasileira, melhor representado pela “Buchada”.

4. CONCLUSÕES

Considerando todas as características da carcaça, observa-se que a idade de abate do animal influenciam mais fortemente essas características da carcaça do que o fator sexo do animal. Os caprinos abatidos aos 100 dias de idade apresentaram melhores resultados em relação às características de carcaça e qualidade de cortes em comparação aos animais aos 70 dias, podendo ser comercializado como uma carne de boa qualidade com baixos teores calóricos, ideal para as pessoas que buscam uma dieta saudável.

5. REFERÊNCIAS

- Abularach, M.L.S., Rocha, C.E., Felício P.E. 1998. Características de qualidade do contrafilé (m.L.dorsi) de touros jovens da raça Nelore. *Ciência Tecnologia de Alimentos*, 18, 205-210.
- Aghwan, Z.A., Alimon, A.R., Goh, Y.M., Nakyinsige, K., Sazili, A.Q. 2014. Fatty Acid Profiles of Supraspinatus, Longissimus lumborum and Semitendinosus Muscles and Serum in Kacang Goats Supplemented with Inorganic Selenium and Iodine. *Asian Australasian Journal of Animal* 27, 543-550.
- Amaral, C.M.C., Pelicano, E.R.L., Yáñez, E.A. Souza, H.B.A., Machado, M.R.F., Sugohara, A., Resende, K.T. 2007. Características de carcaça e qualidade de carne de cabritos Saanen alimentados com ração completa farelada, peletizada e extrusada. *Ciência Rural*, 37, 550-556.

- Amorim, G. L., Batista, A. M. V., Carvalho, F. F. R. de, Guim, A., Cabral, A. M. D., Moraes, A. C. A. de. 2008. Substituição do milho por casca de soja: consumo, rendimento e características de carcaça e rendimento da buchada de caprinos. *Acta Scientiarum Animal Sciences*, 30, 41-49.
- Anaeto, M., Adeyeye, A.J., Chioma, O.G., Olarinmoye, O.A., Tayo, O.G., 2010. Goatproducts: meeting the challenges of human health and nutrition. *Agriculture and Biology Journal of North America*, 1, 1231-1236.
- AOAC, 2005. Official methods of analysis of the AOAC International, 18th ed., Latimer, G.W., Horwitz, W. (Eds.) Association of Official Analytical Chemists, Gaithersburg, MD.
- Ayeb, N., Addis, M., Fiori, M., Atti, N., Barnat, A., Hammadi, M., Boukhris, H., Damergi, C., Khorchani, T. 2019. Effect of local diets on nutritional and sensory quality of meat of indigenous goats in Tunisian arid regions. *Journal of Anim Physiology and Animal Nutrition*, 00, 1-9.
- Binnie, M.R., Barlow, K., Johnson, V., Harrison, C. 2014. Red meats: Time for a paradigm shift in dietary advice. *Meat Science*, 98, 445-451.
- Bonvillani, A., Peña, F., Gea, G., Gómez, G., Petryna, A., Perea, J. 2010. Carcass characteristics of Criollo Cordobés kid goats under an extensive management system: Effects of gender and liveweight at slaughter. *Meat Science*, 86, 651-659.
- Brand, T. S., D. A., Van Der Merwe, Hoffman, L. C., Geldenhuys, G. 2018. The effect of dietary energy content on quality characteristics of Boer goat meat. *Meat Science*, 139, 74-81.
- Brasil, Ministério da Agricultura, Instrução Normativa nº 3, de 07 de janeiro de 2000, Regulamento técnico de métodos de insensibilização para o abate humanitário de animais de açougue. *Diário Oficial da União*, Brasília, p,14-16, 24 de janeiro de 2000, Seção I.
- Bergen, W.G. 1974. Protein synthesis in animal models. *Journal of Animal Science*, 38, 1079-1091.
- Bratzler, L.J. 1949. Determining the tenderness of meat by use of the Warner-Bratzler method. *Proceedings of the Reciprocal Meat Conference*, 2, 114.
- Borgogno, M., Corazzin, M., Saccà, E., Bovolenta, S., Piasentier, E., 2015. Influence of familiarity with goat meat on liking and preference for capretto and chevon. *Meat Science*, 106, 69-77.
- Brown, A.J., Williams, D.R. 1979. Sheep carcass evaluation: measurement of composition using a standardized butchery method. Langford: Agricultural Research Council; Meat Research Council.

- Butterfield, R.M. 1988. New concepts of sheep growth, Sydney: University of Sydney, 168.
- Cartaxo, F. Q., Sousa, W. H., Leite, M. L. M. V., Cezar, M. F., Cunha, M. G. G., Viana, J. A., Cabral, H. B. 2014. Características de carcaça de cabritos de diferentes genótipos terminados em confinamento. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, 15, 120-130.
- Cartaxo, F.Q., Sousa, W.H., Costa, R.G., Cezar, M.F.C., Pereira Filho, J.M., Cunha, M.G.G. 2011. Características quantitativas da carcaça de cordeiros de diferentes genótipos submetidos a duas dietas *Revista Brasileira de Zootecnia*, 40, 2220-2227.
- Casey, N. 1992. Goat meat in human nutrition. *Proceedings V International Conference on Goats*. New Delhi.
- Cezar, M.F., Sousa, W.H. 2007. Carcaças ovinas e caprinas: obtenção, avaliação e classificação. 1. ed. Uberaba - MG: Editora Agropecuária Tropical, 232.
- Colomer-Rocher, F. 1986. Los criterios de calidad de la canal: sus implicaciones biológicas. In: *Curso internacional sobre la producción de ovino de carne*, Zaragoza, 2, 66.
- Costa, R. G., De Lima, C. A. C., De Medeiros, A. N., Lima, G. F. C., Marques, C. A. T., Queiroga, R. C. R. E. 2011. Composição centesimal e análise sensorial da carne de ovinos Morada Nova alimentados com dietas contendo melão em substituição ao milho. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 40, 2799–2804.
- Costa, R.G., Vallejo, M.E.C., Bermejo, J.V.D., Henríquez, A.A., Vallecillo, A., Santos, N.M. 2010. Influence of animal gender and production system on the carcass characteristics of goats of the Blanca Serrana Andaluza breed. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 39, 382-386.
- Costa, R.G., Cartaxo, F.Q., Santos, N.M., Queiroga, R.C.E. 2008. Carne caprina e ovina: composição lipídica e características sensoriais. *Revista Brasileira Saúde Produção Animal*, 9, 497-506.
- Clementino, R.H., Sousa, W.H., Cunha, M.G.G., Gonzaga Neto, S.G., Carvalho, F.F.R., Cavalcante., M.A.B. 2007. Influência dos níveis de concentrado sobre os cortes comerciais, os componentes não carcaça e os componentes da perna de cordeiros confinados. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 36, 681-688.
- Dhanda, J.S.; Taylor, D.G.; Murray, P.J. 2003. Growth, carcass and meat quality parameters of male goats: effects of genotype and live weight at slaughter. *Small Ruminant Research*, 50, 57-66.
- Ekiz, B., Ergul Ekiz, E., Kocak, O., Yalcintan, H., and Yilmaz, A. 2012. Effect of pre-slaughter management regarding transportation and time in lairage on certain stress

- parameters, carcass and meat quality characteristics in Kivircik lambs. *Meat Science*, 90, 967-976.
- Grande, P. A., Alcalde, C. R., Macedo, F. de A. F. de, Yamamoto, S. M., Martins, E. N. 2003. Desempenho e características de carcaças de cabritos saanen recebendo rações com farelo de glúten de milho e/ou farelo de soja. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, 25, 315-321.
- Goetsch, A., Merkel, R., Gipson, T. 2011. Factors affecting goat meat production and quality. *Small Ruminant Research*, 101, 173-181.
- Gomes, H.F.B., Menezes, J.L., Gonçalves, H.C., Cañizares, G.I.L., Medeiros, B.B.L., Polizel Neto, A., Lourençon, R.V., Cháviri, A.C.T. 2011. Características de carcaça de caprinos de cinco grupos raciais criados em confinamento. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 40, 411-417.
- Guimarães, C. Cabrito, a carne vermelha mais saudável do mundo. 2017. *Revista da Política Agrícola*, Ano XXVI – Nº 2.
- Hajji, H., Joy, M., Ripoll, G., Smeti, S., Mekki, I., Gahete, F. M., Atti, N. 2016. Meat physicochemical properties, fatty acid profile, lipid oxidation and sensory characteristics from three North African lamb breeds, as influenced by concentrate or pasture finishing diets. *Journal of Food Composition and Analysis*, 48, 102-110.
- Hashimoto, J.H., Alcalde C.R., Silva K.T., Macedo, F.A.F., Mexia, A.A., Santello, G.A., Martins, E.N., Matsushita, M. 2007. Características de carcaça e da carne de caprinos Boer x Saanen confinados recebendo rações com casca do grão de soja em substituição ao milho. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 36, 165-173.
- Lisboa, A.C.C., Furtado, D. A., Medeiros, A.N., Costa, R.G., Queiroga, R.C.E., Barreto, L.M.G. 2010. Quantitative characteristics of the carcasses of Moxotó and Canindé goats fed diets with two different energy levels. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 39, 1565-1570.
- Lourençon, R. V., Gonçalves, H.C, Meirelles, P.R, Browning Junior, R, Leite-Browning, M.L, Cháviri, A.C, Gomes, H.F. 2016. Relative growth of carcass tissues of goat kids from five breed types finished on pasture or feedlot. *Semina: Ciências Agrárias*, 37, 989-996.
- Lucas, R.C., Cézar, M.F., Sousa, W.H., Cunha, M.G.G., Pereira Filho, J.M., Silva, A.M.A. 2010. Qualitative characteristics of the carcass of goats finished in native pasture: effects of the genotype. *Advances in Animal Biosciences*, Cambridge, 1, 234-234.

- Maciel, M.V., Amaro, L.P.A., Lima Júnior, D.M., Rangel, A.H.N., Freire, D.A. 2011. Métodos avaliativos das características qualitativas e organolépticas da carne de ruminantes. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, 6, 17-24.
- Madruga, M.S., Narain, N., Duarte, T.F., Sousa, W.H., Galvão, M.S., Cunha, M.G.G., Ramos, J.L.F. 2005. Chemical and sensorial characteristics of commercial meat cuts of “mesticos” and boer goats. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*. 25, 713-719.
- Marques, R. O., Menezes, J. J. L., Gonçalves, H. C., Medeiros, B. B. L., Rodrigues, L., Canizares, G. I. L., Roça, R. O. 2013. Cut yields, carcass and tissue composition proportion in meat from young goats depending on the breed and slaughter body weight. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 65, 1561-1569.
- Marichal A., Castro N., Capote J., Zamorano M.J., Argüello A., 2003. Effects of live weight at slaughter (6, 10 and 25 kg) on kid carcass and meat quality. *Livestock Production Science*, 83, 247-256.
- Medeiros, G.R., Carvalho, F.F.R., Ferreira, M.A., Alves, K.S., Mattos, C.W., Saraiva, T.A., Nascimento, J.F. 2008. Efeito dos níveis de concentrado sobre os componentes não-carcaça de ovinos Morada Nova em confinamento. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 37, 1063-1071.
- Menezes, J.J.L., Gonçalves, H.C., Ribeiro, M.S., Rodrigues, L., Cañizares, G.I.L., Medeiros, B.B.L. 2009. Efeitos do sexo, do grupo racial e da idade ao abate nas características de carcaça e maciez da carne de caprinos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 38, 1769-1778.
- Miltenburg G. A, Wensing, T., Smulders, F., J., & Breukink, H. J. 1992. Relationship between blood hemoglobin, plasma and tissue iron, muscle heme pigment, and carcass color of veal. *Journal of Animal Science*, 70, 2766-2772.
- Moreno, G. M. B., Sobrinho, A.G.S., Leão, A.G., Loureiro, C.M.B. Perez, H.L. 2010. 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. *Arquivos Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 62, 686-695.
- Moreno, G. M. B, Borba, H., Araújo, G. G. L, Voltolini, T. V., Souza, R. A., Silva Sobrinho, A. G., Buzanskas, M. E., Lima Júnior, D. M. A. 2014. Rendimentos de carcaça, cortes comerciais e não-componentes da carcaça de cordeiros Santa Inês alimentados com feno de erva-sal e concentrado. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, 15, 192-205.
- Monte, A. L. S., Selaive-Villarreal, A. B., Garruti, D. S., Zapata, J. F. F. and Borges, A. S. 2007. Parâmetros físicos e sensoriais de qualidade da carne de cabritos mestiços de diferentes grupos genéticos. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 27, 233-238.

- National Research Council- NRC. 2007. Nutrient requirements of small ruminants: sheep, goats, cervids, and New World camelids, Washington, D,C. The National Academies Press.
- Ozcan, M., Yalcintan, H., Tölüb, C., Ekiz, B., Yilmaz, A., Savas, T. 2014. Carcass and meat quality of Gokceada Goat kids reared under extensive and semi-intensive production systems. *Meat Science*, 96, 496-502.
- Palmieri, A.D., Oliveira, R.L., Ribeiro, C.V.D.M., Ribeiro, M.D., Ribeiro, R.D.X., Leão, A.G., Agy, M.S.F.A., Ribeiro, O.L. 2012. Effects of substituting soybean meal for sunflower cake in the diet on the growth and carcass traits of crossbred boer goat kids. *Asian-Australasian Journal of Animal Science*, 25, 59-65.
- Pereira Filho, J. M., Resende, K. T., Teixeira, I. A. M. A., Sobrinho, A. G. S., Yáñez, E. A., Ferreira, A. C. D. 2008. Características da carcaça e alometria dos tecidos de cabritos F1 Boer × Saanen. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 37, 905-912.
- Pimenta, J.L.L.A., Silva Filho, C.A., Romariz, M., Barros, R.R.O., Fonseca, J.S.F., Maia, A.M., Sousa, S.L.G.S., Oliveira, R.V. 2020. Effect of replacing soybean meal by urea on performance, carcass characteristics and meat quality of housed Saanen young goats. *Rev. Bras. Cienc. Agrar.*, 15, 8393.
- Pophiwa P., Webb E.C., Frylinck L. 2019. A review of factors affecting goat meat quality and mitigating strategies, *Small Ruminant Research*. 183, 106035.
- Purchas, R. W., Davies, A. S., Abdulkah, A. Y. 1991. An objective measure of muscularity: changes with animal growth and differences between genetic lines of South down sheep, *Meat Science*, 30, 81–94.
- Queiroz, L.O., Santos, G.R.A., Macêdo, F.A.F., Mora, N.H.A.P., Torres, M. G., Santana, T.E.Z., Macêdo, F.G. 2015. Características de carcaça de cordeiros Santa Inês, abatidos com diferentes espessuras de gordura subcutânea. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, 16, 712-722.
- Ramos, E.M., Gomide L.A.M. 2009. Avaliação da qualidade de carnes: Fundamentos e Metodologias. Viçosa MG, UFV.
- Rodrigues, L., Gonçalves, H.C., Cañizares, G.I.L., Menezes, J.J.L., Ribeiro, M.S., Medeiros, B.B.L. 2010. Somatotropina bovina recombinante (rbst) e grupos raciais sobre a precocidade reprodutiva de cabras. *Archives of Veterinary Science*, 15, 09-15.
- Rosa, G.T., Pires, C.C, Da Silva, J.H.S, Muller, L. 2002. Crescimento de gordura, músculo e osso de cortes de carcaça de cordeiros machos e fêmeas em diferentes métodos de alimentação. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 31, 2283-2289.

- Safari, E., Hopkins, D. L., Fogarty, N. M. 2001. Diverse lambs genotypes 4, Predicting the yield of saleable meat and high value trimmed cuts from carcass measurements, *Meat Science*, 58, 207-214.
- SAS software. Cary: SAS Institute Inc., 2000.
- Silva Sobrinho, A. G., Purchas, R. W., Kadim, I. T. and Yamamoto, S. M. 2005. Características de Qualidade da Carne de Ovinos de Diferentes Genótipos e Idades ao Abate. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 34, 1070-1078.
- Silva, T.M., Oliveira, R.L., Barbosa, L.P., Garcez Neto, A.F., Bagaldo, A.R., Jesus, I.B., Macome, F.M., Ribeiro, C.V.D.M. 2010. Componentes corporais de caprinos jovens $\frac{3}{4}$ Boer submetidos a dietas com óleo de licuri (*Syagrus coronata*). *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 62, 1448-1454.
- Siqueira E.R., Simões, C.D., Fernandes, S. Efeito do sexo e do peso ao abate sobre a produção da carne de cordeiro. 2001. Morfometria da carcaça, peso dos cortes, composição tecidual e componentes não constituintes da carcaça. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 30, 1299-1307.
- Sousa, W. H., Brito, E.A., Medeiros, A.N., Cartaxo, F.Q., Cezar, M.F., Cunha, M.G.G. 2009. Características morfométricas e de carcaça de cabritos e cordeiros terminados em confinamento. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 38, 1340-1346.
- Teixeira, A., Silva, S., Rodrigues, S. 2019. Advances in Sheep and Goat Meat Products Research. *Advances in Food and Nutrition Research*, 1043-4526.
- Todaro, M., Corrao, A., Barone, C.M.A., Schinelli, R., Occidente, M., Giaccone, P. 2002. The influence of age at slaughter and litter size on some quality traits of kid meat. *Small Ruminant Research*, 44, 75-80.
- Toplu, H.D., Goksoy, E.O., Nazligul, A., Kahraman, T., 2013. Meat quality characteristics of Turkish indigenous Hair goat kids reared under traditional extensive production system: effects of slaughter age and gender. *Tropical Animal Health and Production*, 45, 1297-1304.
- Velasco, S., Cañeque, V., Lauzurica, S., Pérez, C., Huidobro, F. 2004. Effect of different feeds on meat quality and fatty acid composition of lambs fattened at pasture. *Meat Science*, 66, 457-465.
- Vestergaard, M., Oksbjerg, N., Henckel, P. 2000. Influence of feeding intensity, grazing and finishing feeding on muscle fibre characteristics and meat colour of semitendinosus, longissimus dorsi and supraspinatus muscle of youngbulls. *Meat Science*, 54, 177-185.
- Webb, E. 2014. Goat meat production, composition, and quality. *Animal Frontiers*, 4, 33-37.

- Wheeler, T. T., Cundiff, L. V., and Koch, R. M. 1995. Effects of marbling degree on palatability and caloric content of beef. *Beef Research – Progress Report*, 4, 133.
- Wyness, L., Weichselbaum, E., O'Connor, A., Williams, E. B., Benelam, B., Riley, H., and Stanner, S. 2011. Red meat in the diet: An update. *British Nutrition Foundation Nutrition Bulletin*, 36, 34-77.
- Yáñez, E. A., Resende, K.T., Ferreira, A.C.D., Pereira Filho, J.M., Medeiros, A.N., Teixeira, I.A.M.A. 2009. Relative development of tissues, commercial meat cuts and live weight components in Saanen goats. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 38, 366-373.
- Zhanga, N., Tenga, Z., Qin Qia. Hua,G., Liana,H., Gaoa, T. 2019. Carcass traits, meat quality characteristics, and lipid metabolism-related gene expression pattern of Yaoshan white goats raised in traditional extensive production system: effects of slaughter age and meat cuts, *Small Ruminant Research*, 182, 29-36
- Zapata, J.F.F., Gonçalves, L.A.G., Rodrigues, M.C.P., Borges, A.S. 2004. Efeito do sexo e do temperamento sobre a qualidade da carne ovina. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 24, 459-467.

CAPÍTULO III

**Modelagem multivariada para estimar características de carcaça e cortes comerciais
com base em mensurações morfométricas de caprinos mestiços**

Modelagem multivariada para estimar características de carcaça e cortes comerciais com base em mensurações morfométricas de caprinos mestiços

RESUMO

O objetivo do trabalho foi estabelecer um modelo multivariado usando duas técnicas estatísticas multivariadas complementares, a Análise Fatorial e a Regressão Múltipla *stepwise*, para predição de características da carcaça, cortes da carcaça, gordura interna, vísceras, a partir das medições corporais de caprinos mestiços de Boer. Foram utilizados 32 caprinos, com pesos médios iniciais de $3,25 \pm 0,66$ kg e pesos médios finais de $16,23 \pm 2,53$ kg. Antes do abate e após 16 horas em jejum, o peso corporal foi estabelecido juntamente com as medidas biométricas de cada animal: comprimento corpo, altura de cernelha, altura de garupa, largura do tórax, largura da garupa, perímetro da garupa, perímetro torácico, comprimento de perna e circunferência de coxa. As meias carcaças foram seccionadas em seis regiões anatômicas que compunham os cortes comerciais: pescoço, paleta, costela, serrote, lombo e pernil. Os dados foram submetidos à Análise Fatorial e os fatores obtidos utilizados como variáveis independentes na Regressão Múltipla, pelo método *Stepwise*. As medidas biométricas apresentaram alta correlação entre si ($P < 0.05$), a maioria delas com correlações acima de 50 %. Este comportamento ocorreu também com as características da carcaça e dos cortes, apresentando alta correlação com as medidas biométricas. Observou-se que nas equações de predição a medida que aumenta o número de variáveis o valor de R^2 aumenta, enquanto o Cp e RMSE diminuem. Os dados apresentaram um índice para o teste de KMO de 0,80, demonstrando sua adequação a análise fatorial. As altas correlações entre as características morfológicas dos animais com o peso corporal, características de carcaça e cortes comerciais primários sugerem a adequação de características morfológicas como critérios para seleção precoce do peso corporal de caprinos e suas características de carcaça, antes do abate.

Palavras chaves: Análise fatorial. Medidas morfométricas. Carcaça. Predição. Regressão múltipla.

Multivariate modeling to estimate carcass characteristics and commercial cuts based on morphometric measurements of crossbred goats

ABSTRACT

The objective was to establish a multivariate model using two complementary multivariate statistical techniques, Factor Analysis and Multiple Stepwise Regression to predict carcass characteristics, carcass cuts, internal fat, viscera, loin eye area from body measurements of goats Boer mestizos. It was used 32 goats, with initial average weights of 3.25 ± 0.66 kg and final average weights of 16.23 ± 2.53 kg. Before slaughter and after 16 hours of fasting, body weight was measured along with the biometric measurements of each animal: body length, withers height, croup height, chest width, croup width, croup perimeter, thoracic perimeter, leg length, and thigh circumference. The half carcasses were sectioned in six anatomical regions that made up the commercial cuts: neck, palette, rib, handsaw, loin, and ham. Biometric measurements showed a high correlation between them ($P < 0.05$), most of them with correlations above 50%. This behavior also occurred with the characteristics of the carcass and cuts, showing a high correlation with biometric measurements. It was observed that in the prediction equations as the number of variables increases, the value of R^2 increases, while Cp and RMSE decrease. The data presented an index for the KMO test of 0.80, demonstrating its suitability for factor analysis. The high correlations between the animals' morphological characteristics with body weight, carcass characteristics and primary commercial cuts suggest the adequacy of morphological characteristics as criteria for early selection of goats' body weight and their carcass characteristics, before slaughter.

Keywords: Factor analysis. Genotype. Morphological trait. Multiple regression. Prediction.

1. INTRODUÇÃO

O objetivo final da indústria da carne é ter um método de medição preciso e objetivo para avaliar as características economicamente importantes dos animais e determinar o valor e o mérito da carcaça enquanto o animal ainda está vivo (Bogass and Merkel 1993). É necessária uma ferramenta rápida e fácil de usar para prever o peso vivo e as características de carcaça dos animais pelos criadores, pois eles dependem da avaliação visual para estimar em condições de campo o peso vivo dos animais (Tesema et al., 2019). A previsão das características de carcaça incluindo o peso individual dos cortes pode fornecer uma alternativa viável para estimar o valor comercial dos mesmos e auxiliar no marketing para alguns nichos de mercado (Afolayan et al., 2006).

As medidas biométricas (MB) são importantes para predizer as características quantitativas da carcaça e também são úteis no desenvolvimento de critérios de seleção adequados (Tesema et al., 2019). Além disso, elas podem ser usadas como uma forma indireta de estimar o peso vivo e as características da carcaça, devido à relativa facilidade na medição de dimensões lineares (Bingol et al., 2011; Assan et al., 2013; Ricardo et al., 2016; Bautista Diaz et al., 2017) além de superar muitos dos problemas associados à avaliação visual (Shrestha et al., 1984). A matriz de correlação das MB pode ser usada para prever o peso vivo e as medias de carcaça em caprinos (Abdel-Mageed et al., 2013; Tesema et al., 2019) e ovinos (Bautista-Diaz et al., 2017).

Modelos multivariados permitem a análise do relacionamento entre múltiplas variáveis explicativas. Parte das pesquisas cujo objetivo é examinar o efeito exercido por duas ou mais variáveis independentes sobre uma variável dependente utiliza a análise de regressão múltipla (Abbad e Torres, 2002). A análise de regressão múltipla tem sido usada para interpretar as complexas relações entre o peso vivo e algumas MB. No entanto, sua interpretação pode ser enganosa quando houver multicolinearidade entre as variáveis preditoras (Ogah, 2011; Yakubu et al., 2012; Tesema et al., 2019).

Para abordar essa limitação, a análise fatorial multivariada é mais adequada como método estatístico para reduzir um sistema complexo de correlações em uma de dimensões menores através da extração de algumas variáveis latentes não observáveis, chamadas fatores (Tabachnick and Fidell, 2001). As pontuações fatoriais podem ser derivadas dessa análise multivariada, que pode ser quase não correlacionada ou ortogonal. Esses escores fatoriais poderiam, portanto, ser usados para previsão, resolvendo, assim, o problema da multicolinearidade, que pode ocorrer quando os dados são coletados de uma base pequena.

Por razões éticas e econômicas, um bom projeto experimental requer o uso do número mínimo de animais necessário para alcançar um objetivo desejado dado à precisão exigida (Festing and Altman, 2002).

Este trabalho tem como hipótese que as medidas biométricas são capazes de estimar as características de carcaça, cortes comerciais, vísceras e gordura interna do animal. Como as informações utilizadas para estimar a composição da carcaça de caprinos por meio das características fisiológicas são fracas, o objetivo desta pesquisa foi estabelecer um modelo multivariado usando duas técnicas estatísticas multivariadas complementares, a Análise Fatorial e a Regressão Múltipla *Stepwise*, para predição de características da carcaça, cortes comerciais da carcaça e constituintes não carcaça, a partir das medições corporais de caprinos mestiços de Boer.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Local do experimento e animais

O experimento foi realizado na Estação Experimental Pendência, pertencente à Empresa Estadual de Pesquisa Agropecuária da Paraíba (EMPAER -PB), localizada no município de Soledade, microrregião do Cariri Paraibano, situada entre as coordenadas geográficas de 7° 8' 18" latitude Sul e 36° 27' 2" latitude a oeste de Greenwich, com altitude de 534 m e temperatura média de 30 °C e umidade relativa do ar média de 70,13%.

O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética Animal da Universidade Federal da Paraíba-UFPB, Brasil (protocolo número 2305/14). Foram utilizados 32 caprinos (16 machos: 8 abatidos com 70 dias e 8 abatidos com 100 dias + 16 fêmeas: 8 abatidas com 70 dias e 8 com 100 dias), mestiços da raça Boer com cabras nativas. Os animais possuíam pesos médios ao nascer de 3,11kg±0,64 (machos) e 3,00 kg±0,76 (fêmeas) para os abatidos aos 70 dias e pesos de 3,65kg±0,71 (machos) e 3,25kg±0,38 (fêmeas), para os abatidos aos 100 dias de idade.

Os animais foram inicialmente identificados, pesados e tratados contra ecto e endoparasitas e vacinados contra clostridioses. Em seguida foram alojados em aprisco de chão batido com as mães que receberam durante três dias em cocho alimentação *ad libitum*, e as crias se alimentavam exclusivamente do leite materno. O período de adaptação constituiu de 14 dias e a pesagem dos cabritos foram realizadas semanalmente para o controle do ganho de peso. Todos os animais experimentais foram selecionados levando-se em consideração,

semelhança de pesos vivos, o tipo de nascimento (simples, duplo e triplo) para evitar que estes efeitos influenciassem as características avaliadas.

2.2 Dieta e manejo

A partir dos 10 dias de idade, as crias receberam uma dieta completa *ad libitum* em cochos privativos. A dieta foi formulada de acordo com o NRC (2007), visando ganho de peso de 200 g/dia. Em uma relação 48:52 volumoso:concentrado, sendo utilizado o feno de capim Tifton (*Cynodon dactylon*), e os concentrados foram compostos por farelos de milho e soja (Tabela 1). As crias foram alimentadas com leite materno e *creep feeding*, até os 70 dias de idade (Tabela 1). Ao atingirem os 70 dias as crias desse grupo eram pesadas, anotando-se o seu escore corporal e encaminhadas para o abate.

Tabela 1. Composição química dos ingredientes da dieta experimental com base na Matéria Seca para as crias com idade até os 70 dias

Ingredientes (g kg ⁻¹ na matéria seca)	Dieta
Feno de tifton	200
Farelo de milho	550
Farelo de soja	210
Óleo de soja	20
Sal mineral	10
Calcário	10
Composição química	
Matéria seca, MS (g kg ⁻¹ na dieta)	890
Proteína bruta, PB (g kg ⁻¹ na MS)	233
Matéria mineral, MM (g kg ⁻¹ na MS)	61
Extrato etéreo, EE (g kg ⁻¹ na MS)	50
Fibra detergente neutro, FDN (g kg ⁻¹ na MS)	258
Cálcio (g kg ⁻¹ na MS)	8,4
Fósforo (g kg ⁻¹ na MS)	3,8
Energia metabolizável, EM (Mcal kg ⁻¹ MS)	2,5

Após os 70 dias, os demais animais que permaneceram no sistema iniciaram um manejo diferente, sendo soltos com as suas respectivas mães, tendo acesso aos piquetes com pastagem nativa e blocos multinutricionais. No período da tarde, ao retornarem às instalações, receberam feno de capim Tifton (*Cynodon dactylon*) e concentrado numa relação 48% volumoso:52%:concentrado, até completarem 100 dias, momento do abate. O concentrado era composto de farelo de milho (36%), farelo de Soja (12%), óleo de soja (2%), sal mineral e calcário (2%).

2.3. Abate e avaliação de carcaça

Antes do abate e após 16 horas em jejum, o peso corporal foi medido juntamente com as medidas biométricas (MB) de cada animal: comprimento corpo (CC), altura de cernelha (AC), altura de garupa (AG), largura do tórax (LT), largura da garupa (LG), perímetro da garupa (PG), perímetro torácico (PT), comprimento de perna (Cp) e circunferência de coxa (Cc). Para todas as medidas, utilizou-se uma fita flexível (Truper®) e um largecaliper de 65 cm (Haglof®). As MB foram expressas em cm, para que pudesse estar relacionado à composição da carcaça (Fernandes et al., 2010). Para evitar variações, todas as medidas foram realizadas pela mesma pessoa.

Os caprinos foram abatidos no mesmo dia usando procedimentos comerciais padrão, de acordo com os códigos de práticas sociais do Brasil (Brasil, 2000). Os caprinos foram mantidos em jejum por 8 horas e transportadas para um matadouro credenciado e, em seguida, pesadas para obter o peso corporal do abate (PCA). No abatedouro, os caprinos tiveram um período de descanso de 8 horas com acesso total à água, mas sem alimentação. Os animais foram abatidos utilizando-se atordoamento elétrico seguido por sangramento. Após o abate, as carcaças foram resfriadas a 4 °C em uma câmara refrigerada, onde permaneceram por 24 horas penduradas em ganchos pelo tendão de Aquiles, com as articulações metatarsianas espaçadas 17 cm. Posteriormente, os animais foram esfolados e eviscerados.

O peso da carcaça quente (PCQ) foi calculado após o abate, com a carcaça dividida pela linha mediana dorsal em duas metades e refrigerada por um período de 24 horas a 1 °C. O trato gastrointestinal (TGI) foi pesado tanto cheio quanto vazio, para determinar o peso corporal vazio (PCA). Os rins e a gordura perirrenal foram removidos e subtraídos do peso de carcaça fria e de peso frio (PCF) (PF) (Cezar e Sousa, 2007). Na meia carcaça esquerda, foi realizado um corte transversal entre as 12^a e 13^a costelas, expondo a seção transversal do músculo Longissimus dorsi, cuja área foi tracejada por meio de um marcador permanente com ponta média de 2,0 mm em plástico transparente filme para determinar a área do olho lombo (AOL).

Posteriormente, as carcaças foram seccionadas na sínfise ísquio-pubiana, acompanhando o corpo e a apófise espinhosa do sacro, vértebras lombares e dorsais. Em seguida, a carcaça foi submetida a um corte longitudinal. As meias carcaças foram pesadas e seccionadas em seis regiões anatômicas que compunham os cortes comerciais: pescoço, paleta, costela, serrote, lombo e pernil, conforme metodologia de Cezar e Sousa (2007). Em seguida, o peso individual de cada corte foi registrado para calcular sua proporção em relação à soma da meia carcaça reconstituída, obtendo-se o rendimento dos cortes da carcaça.

2.4. Análise estatística

Média, intervalo e variância (s.d.) e correlações de Pearson foram determinadas para todas as medidas, bem como análises de regressão. As regressões foram desenvolvidas com o PROC REG do SAS (SAS Ver. 9.3, 2010). As variáveis biométricas utilizadas no desenvolvimento da equação de predição. As equações foram selecionadas levando-se em consideração o coeficiente de determinação do modelo (R^2), a raiz signific erro quadrado (RMSE) e a estatística Cp ($\frac{SQR}{\sigma^2} + 2p - n$) (Equação 1). O SQR é o quadrado médio residual, σ^2 é a variação residual, p é o número de parâmetros no modelo (incluindo a interceptação) e, n é o número de registros. Segundo MacNeil (1983), Cp relaciona R^2 e variância residual, e é um critério de seleção de equações mais apropriado que R^2 sozinho, permitindo a identificação de subconjuntos ótimos. O objetivo é encontrar o melhor modelo envolvendo um subconjunto de preditores. Portanto, em geral, um pequeno valor de Cp significa que o modelo é relativamente preciso (Mallows, 1973). Para análise de regressão foi adotado o procedimento *stepwise* que tem o objetivo de avaliar a significância estatística dos parâmetros de determinadas variáveis explicativas e inclui apenas aquelas que apresentam relevância a determinado nível de confiança.

A análise de regressão múltipla pelo método *Stepwise* foi realizada usando o modelo:

$$Y = \alpha + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_n X_n + e \text{ (Equação 2),}$$

Onde: Y é a variável dependente ou resposta; características da carcaça e cortes da carcaça; α é o intercepto da equação de regressão, β_1 , β_2 e β_n são coeficientes de regressão das variáveis, X_1 , X_2 e X_n ; X_1 , X_2 e X_n são as variáveis explicativas ou características morfológicas e e = erro aleatório residual.

A análise fatorial baseada em componentes principais foi utilizada para resumir o conjunto de variáveis originais em variáveis latentes independentes (fatores). O teste de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) foi utilizado para avaliar a adequação da análise fatorial ao conjunto de dados (Kaiser 1970, 1974) e os fatores mais importantes foram extraídos com base no método de Kaiser (1974), que considera para seleção um autovalor >1 . Foi adotada a rotação ortogonal Varimax, que busca melhorar a interpretabilidade dos fatores extraídos. O modelo utilizado na análise foi:

$$X_1 = a_{11}F_1 + a_{12}F_2 + \dots + a_{1m}F_m + \varepsilon_1$$

$$X_2 = a_{21}F_1 + a_{22}F_2 + \dots + a_{2m}F_m + \varepsilon_2$$

$$X_p = a_{p1}F_1 + a_{p2}F_2 + \dots + a_{pm}F_m + \varepsilon_p$$

O modelo fatorial constituído pelos fatores $F_1, \dots, F_m$, $m \leq p$. Onde: X_1, X_2 e X_p =variáveis em estudo; a = factor loads; $F = F_1, F_2, \dots, F_m$ são os m fatores não correlacionados, $\varepsilon = \varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_p$ são variáveis com médias 0 e variação 1. Esta análise fatorial tem sido utilizada na avaliação morfológica de caprinos, e principalmente como ferramenta na avaliação do tamanho e forma do corpo dos animais (Arandas et al., 2016; Yakubu et al., 2011).

Sendo assim, a análise de regressão múltipla também foi utilizada para prever as características e cortes da carcaça, a partir dos fatores extraídos, segundo o modelo:

$$Y = \alpha + \beta_1 F_1 + \beta_2 F_2 + \dots + \beta_n F_n + e \text{ (Equação 3), onde:}$$

Y é a variável dependente/resposta; características da carcaça e cortes da carcaça; α é a interceptação da equação de regressão; β_1, β_2 e β_n são coeficientes de regressão dos escores F_1, F_2 e F_n ; F_1, F_2 e F_n são as variáveis explicativas ou fatores e e = erro aleatório residual.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Entre as medidas biométricas e as características de carcaça (Tabela 2), a gordura interna do animal foi à variável que apresentou o maior coeficiente de variação (29,97%) seguida das vísceras (22,20%). Os cortes comerciais: pescoço, costela, lombo e a área de olho de lombo apresentaram variação em torno de 19%. Entretanto, variações abaixo de 11% foram observadas para as medidas: comprimento do corpo, comprimento de perna, altura de cernelha, altura de garupa, perímetro da garupa, circunferência da coxa, largura do tórax e largura da garupa.

As medidas biométricas apresentaram alta correlação entre si (Tabela 3), com exceção da largura do tórax e Circunferência da coxa, a maioria delas acima de 50%. Este fato ocorreu também com o peso da carcaça e dos cortes comerciais que apresentaram alta correlação com as medidas biométricas (Tabela 4). A LG apresentou correlação de 0,43 com o PCQ, porém com os demais pesos a LG apresentou correlação que variou de 0,63 a 0,77. As variáveis PG, AC, AG, CC e PT apresentaram as mais altas correlações ($P < 0.05$), com destaque para o comprimento do corpo e o perímetro torácico.

Tabela 2. Análises descritivas dos dados medidos em animais vivos

Variáveis	$\mu \pm sd$	CV (%)	Máximo	Mínimo
<i>Medidas biométricas (cm)</i>				
Comprimento do corpo	50,81 $\pm$ 3,75	7,37	60,00	43,00
Comprimento de perna	48,63 $\pm$ 5,18	10,65	57,00	38,00
Altura de cernelha	48,91 $\pm$ 4,53	9,27	58,00	40,00
Altura de garupa	47,13 $\pm$ 3,91	8,29	55,00	40,00
Perímetro do tórax	48,41 $\pm$ 9,15	18,91	62,00	37,00
Perímetro da garupa	39,41 $\pm$ 3,75	9,51	45,00	32,00
Circunferência de coxa	29,47 $\pm$ 2,21	7,51	37,00	26,00
Largura do tórax	10,81 $\pm$ 0,64	5,96	12,00	10,00
Largura da garupa	12,65 $\pm$ 1,04	8,18	14,00	11,00
<i>Medidas na carcaça (kg)</i>				
Peso ao abate	16,23 $\pm$ 2,53	15,57	21,70	11,60
Peso de corpo vazio	13,48 $\pm$ 2,02	14,97	17,89	10,03
Peso de carcaça quente	7,91 $\pm$ 1,40	16,39	19,50	10,50
Peso de carcaça fria	7,50 $\pm$ 1,27	16,99	10,30	5,40
Gordura total	2,58 $\pm$ 0,77	29,97	4,09	1,05
Área de olho de lombo	5,64 $\pm$ 1,13	19,97	8,44	4,01
Vísceras	3,15 $\pm$ 0,70	22,20	4,49	2,21
OFF	5,55 $\pm$ 0,93	16,82	7,49	3,95
<i>Cortes</i>				
Pescoço	0,460 $\pm$ 0,09	19,04	0,65	0,29
Paleta	0,780 $\pm$ 0,11	14,92	1,02	0,57
Costela	0,960 $\pm$ 0,18	19,11	1,40	0,58
Lombo	0,410 $\pm$ 0,08	19,76	0,60	0,28
Pernil	1,230 $\pm$ 0,20	16,07	1,70	0,85

$\mu \pm sd$ = média $\pm$ desvio padrão; Coeficiente de variação = CV; OFF= Peças de resíduos da carcaça

Dentre as características de carcaça, somente o peso da GI apresentou comportamento diferenciado, correlacionando-se apenas com comprimento de perna e PT ($P < 0.05$). Entretanto, a AOL, o peso das vísceras e OFF apresentaram correlação com todas as medidas biométricas, com exceção da circunferência de coxa ($P > 0.05$), efeito que também não existiu entre o peso de OFF e a largura do torax (Tabela 4). Merece destaque para a medida de comprimento da perna, que apresentou correlação inversa e significativa ($P < 0.05$) com todas as características de carcaça e os cortes comerciais de caprinos.

O peso vivo não foi incluído nos modelos como medida independente devido ao fato de variar consideravelmente entre as carcaças de animais domésticos (Fernandes et al., 2010; Hernandez-Espinoza et al., 2012; De Paula et al., 2013; Bautista- Dias et al., 2017). Existe uma relação significativa entre as MB e o peso vivo dos animais (Assan 2013), permitindo assim que os criadores tomem decisões de seleção mais informadas. Essa relação direta entre PV e MB em caprinos é relatada por Mahieu et al. (2011); Souza et al. (2014) e Tesema et al. (2019). Portanto, os melhores resultados são obtidos quando outras MB são incluídas no modelo preditivo. Tesema et al. (2019) observaram que o peso corporal de cabras mestiças Boer apresentaram alta correlação com PT (0,94) e CC (0,91).

Tabela 3. Correlação de Pearson das medidas biométricas de caprinos mestiços Boer

Variáveis	LG	PG	AC	AG	CC	CPe	PT	Cc
Largura de tórax – LT	0,43*	0,39*	0,19	0,24	0,33	-0,16	0,28	0,18
Largura de garupa – LG	1,00	0,85*	0,67*	0,70*	0,69*	-0,60*	0,71*	0,24
Perímetro de garupa – PG		1,00	0,67*	0,72*	0,76*	-0,60*	0,77*	0,39*
Altura de cernelha – AC			1,00	0,90*	0,88*	-0,46*	0,83*	0,37*
Altura de garupa – AG				1,00	0,91*	-0,49*	0,81*	0,44*
Comprimento do corpo – CC					1,00	-0,44*	0,83*	0,53*
Comprimento de perna – CPe						1,00	-0,70*	-0,20
Perímetro torácico – PT							1,00	0,34
Circunferência de coxa – Cc								1,00

* significativo a 5%

Tabela 4. Correlação de Pearson das medidas biométricas, das características de carcaça e dos cortes de caprinos mestiços de Boer

Variáveis	PCA	PCV	PCQ	PCF	PES	PAL	COS	LOM	PER	GI	AOL	VISC	OFF
Largura do tórax	0,46*	0,50*	0,49*	0,51*	0,46*	0,47*	0,43*	0,42*	0,51*	0,15	0,44*	0,35*	0,29
Largura da garupa	0,77*	0,76*	0,43*	0,77*	0,63*	0,70*	0,65*	0,72*	0,76*	0,18	0,58*	0,72*	0,46*
Perímetro da garupa	0,84*	0,86*	0,51*	0,83*	0,69*	0,77*	0,62*	0,83*	0,82*	0,27	0,66*	0,76*	0,55*
Altura de cernelha	0,85*	0,81*	0,61*	0,81*	0,71*	0,82*	0,59*	0,74*	0,78*	-0,05	0,56*	0,70*	0,35*
Altura de garupa	0,87*	0,82*	0,67*	0,82*	0,64*	0,80*	0,73*	0,76*	0,77*	0,06	0,51*	0,76*	0,43*
Comprimento do corpo	0,92*	0,90*	0,77*	0,91*	0,73*	0,88*	0,76*	0,84*	0,90*	0,11	0,63*	0,73*	0,51*
Comprimento de perna	-0,55*	-0,57*	-0,32	-0,55*	-0,53*	-0,38*	-0,49*	-0,63*	-0,51*	-0,54*	-0,54*	-0,68*	-0,66*
Perímetro torácico	0,89*	0,90*	0,63*	0,88*	0,64*	0,84*	0,64*	0,85*	0,84*	0,35*	0,72*	0,86*	0,69*
Circunferência de coxa	0,47*	0,50*	0,56*	0,50*	0,39*	0,51*	0,35	0,48*	0,51*	0,14	0,35	0,33	0,32

* significativo a 5%; Peso corporal ao abate = PCA; Peso corpo vazio = PCV; Peso da carcaça quente = PCQ; Peso da carcaça fria = PCF; Pescoço = PES; Paleta = PAL; Costela = COS; Lombo = LOM; Pernil = PER; gordura interna = GI; área de olho de lombo = AOL; Visceras = VISC; Peças de resíduos da carcaça = OFF.

O valor da correlação de moderada a alta implica que as MB podem ser usadas como critério de seleção indireta para melhorar a produção de carne (Agamy et al., 2015; Tesema et al., 2019). Portanto, o comprador de caprinos vivos pode prever o peso das características e dos cortes primários da carcaça a partir das medidas biométricas.

Observa-se que nas equações de predição (Tabela 5 e 6), à medida que aumenta o número de variáveis o valor de R^2 também aumenta, enquanto o C_p e o RMSE diminuem. Embora exista na literatura divergências na decisão de qual variável individual é a mais adequada, para ser utilizada na predição de carcaça de animais, a acurácia da predição tem evoluído, sobretudo quando mais de uma variável é considerada no modelo. Ou seja, as inclusões de várias variáveis produzem aumento na precisão das estimativas obtidas.

As medidas biométricas LT, CC, PT, PG e LG foram as que melhor se ajustaram nas equações de predição do PCA, PCV, PCQ e PCF em que o valor de R^2 foi de 0,92; 0,94; 0,70 e 0,94 e o valor do C_p foi de 4,05; 3,54; 1,26 e 2,34, respectivamente (Tabela 5). A área de olho de lombo e as vísceras tiveram em suas equações de predição apenas o perímetro torácico com $R^2= 0,51$ e $0,73$ e $C_p= 1,85$ e $1,31$, respectivamente.

Tabela 5. Equações de predição para as características de carcaça a partir de características morfológicas originais de caprinos mestiços Boer

NºEq.	Equação	Cp	R ²	RMSE	P valor
Peso corporal ao abate (PCA)					
1	PCA=-15,15(±2,52)+0,62(±0,05)CC	25,73	0,83	1,03	<.0001
2	PCA=-9,07(±2,74)+0,39(±0,08)CC+0,11(±0,03)PT	11,45	0,88	0,87	<.0001
3	PCA=-14,64(±3,02)+0,70(±0,23)LT+0,35(±0,07)CC+0,11(±0,03)PT	4,05	0,92	0,77	<.0001
Peso de corpo vazio (PCV)					
1	PCV=-11,26(±2,14)+0,49(±0,04)CC	54,28	0,82	0,88	<.0001
2	PCV=-11,46(±1,72)+0,22(±0,05)PG+0,32(±0,05)CC	25,03	0,89	0,70	<.0001
3	PCV=-7,37(±2,00)+0,16(±0,05)PG+0,22(±0,06)CC+0,07(±0,02)PT	13,97	0,92	0,62	<.0001
4	PCV=-11,49(±2,02)+0,57(±0,16)LT+0,12(±0,04)PG+0,20(±0,05)CC+0,08(±0,02)PT	3,54	0,94	0,52	<.0001
Peso de carcaça quente (PCQ)					
1	PCQ=-17,19(±3,81)+0,50(±0,07)CC	6,42	0,59	1,56	<.0001
2	PCQ=-24,92(±4,95)+0,98(±0,43)LT+0,44(±0,07)CC	3,28	0,65	1,44	<.0001
3	PCQ=-24,86(±4,67)+1,25(±0,43)LT-0,73(±0,35)LG+0,56(±0,09)CC	1,26	0,70	1,38	<.0001
Peso de carcaça fria (PCF)					
1	PCF=-8,27(±1,29)+0,31(±0,03)CC	36,33	0,83	0,53	<.0001
2	PCF=-5,21(±1,42)+0,20(±0,03)CC+0,06(±0,02)PT	19,55	0,88	0,45	<.0001
3	PCF=-8,77(±1,42)+0,45(±0,11)LT+0,17(0,03)CC+0,06(0,01)PT	3,99	0,93	0,36	<.0001
4	PCF=-8,99(±1,34)+0,40(±0,10)LT+0,06(±0,03)PG+0,15(±0,03)CC+0,04(±0,01)PT	2,34	0,94	0,34	<.0001
Gordura Interna (GI)					
1	GI=6,48(±1,12)-0,08(±0,02)CPE	8,74	0,29	0,66	0,0014
2	GI=10,89(±2,16)-0,06(±0,03)AC-0,11(±0,02)CPE	4,94	0,40	0,61	0,0006
3	GI=-9,46(±1,96)-0,16(±0,04)AC-0,05(±0,03)CPE+0,08(±0,02)PT	-0,87	0,55	0,54	<.0001
Área de olho de lombo (AOL)					
1	AOL=1,38(0,77)+0,09(±0,02)PT	1,85	0,51	0,80	<.0001
Peças de resíduos da carcaça (OFF)					
1	OFF=2,15(±0,66)+0,07(±0,01)PT	10,33	0,47	0,69	<.0001
2	OFF=6,41(±1,33)-0,15(±0,04)AC+0,13(0,02)PT	0,83	0,63	0,59	<.0001
Vísceras e órgãos (VISC)					
1	VISC=-0,03(±0,35)+0,07(±0,007)PT	1,31	0,73	0,36	<.0001

* O coeficiente de regressão RMSE, R², Cp e valor-p são atualizados em relação a uma nova variável independente da equação de previsão, a nova variável independente é adicionalmente em relação às variáveis independentes Cp ≈ p e 4Root-quadrado médio e R² cumulativo.

Tabela 6. Equações de predição para cortes da carcaça a partir de características morfológicas originais de caprinos mestiços Boer

NºEq.	Equação	Cp	R ²	RMSE	P valor
Pescoço					
1	PES=0,407(±0,149)+0,017(±0,003)CC	15,55	0,53	0,06	<.0001
2	PES=-0,674(±0,197)+0,033(±0,017)LT+0,015(±0,003)CC	12,44	0,59	0,06	<.0001
3	PES=-0,33(±0,25)+0,03(±0,02)LT+0,01(±0,003)CC-0,004(±0,002)CPE	9,52	0,64	0,05	<.0001
4	PES=-0,38(±0,25)+0,04(±0,02)LT+0,007(±0,005)AC+0,005(±0,006)CC-0,004(±0,002)CPE	8,76	0,67	0,05	<.0001
Costela					
1	COS=-0,924(±0,297)+0,04(±0,006)CC	6,87	0,57	0,12	<.0001
2	COS=-1,383(±0,400)+0,06(±0,004)LT+0,003(±0,006)CC	5,86	0,61	0,12	<.0001
3	COS=-0,827(±0,531)+0,06(±0,03)LT+0,03(0,006)CC-0,007(±0,004)CPE	4,50	0,64	0,11	<.0001
Lombo					
1	LOM=0,047(±0,04)+0,008(±0,0009)PT	12,78	0,72	0,04	<.00001
2	LOM=-0,180(±0,08)+0,009(±0,003)PG+0,005(±0,001)PT	3,64	0,80	0,04	<.0001
3	LOM=-0,354(±0,119)+0,008(±0,003)PG+0,006(±0,003)CC+0,003(±0,001)PT	2,29	0,82	0,04	<.0001
Paleta					
1	PAL=-0,61(±0,14)+0,03(±0,003)CC	27,76	0,78	0,06	<.0001
2	PAL=-0,37(±0,16)+0,02(±0,005)CC+0,004(±0,002)PT	20,87	0,81	0,05	<.0001
3	PAL=-0,65(±0,19)+0,03(±0,01)LT+0,02(0,004)CC+0,004(±0,001)PT	14,69	0,84	0,05	<.0001
4	PAL=-0,93(±0,20)+0,04(±0,01)LT+0,01(±0,004)CC+0,006(±0,002)CPE+0,008(±0,002)PT	8,75	0,88	0,04	<.0001
5	PAL=-1,02(0,20)+0,04(±0,01)LT+0,009(±0,004)CC+0,007(±0,002)CPE+0,009(±0,002)PT+0,008(±0,004)Cc	7,20	0,89	0,04	<.0001
6	PAL=1,10(±0,20)+0,03(±0,01)LT+0,006(±0,003)PG+0,006(0,004)CC+0,008(±0,002)CPE+0,009(0,002)PT+0,008(0,004)Cc	6,22	0,90	0,04	<.0001
Pernil					
1	PER=-1,178(±0,214)+0,05(±0,004)CC	24,60	0,81	0,09	<.0001
2	PER=-1,75(±0,259)+0,07(±0,02)LT+0,04(0,004)CC	12,95	0,86	0,08	<.0001
3	PER=-1,66(±0,24)+0,06(±0,02)LT+0,01(0,005)PG+0,03(0,005)CC	7,20	0,89	0,07	<.0001
4	PER=-1,624(±0,233)+0,05(±0,02)LT+0,02(±0,0005)PG-0,01(0,008)AG+0,04(0,008)CC	6,42	0,90	0,07	<.0001
5	PER=-1,346(±0,255)+0,06(0,02)LT+0,01(0,005)PG-0,02(0,007)AG+0,04(±0,008)CC+0,005(0,003)PT	4,25	0,91	0,06	<.0001

O coeficiente de regressão RMSE, R², Cp e valor-p são atualizados em relação a uma nova variável independente da equação de previsão, a nova variável independente é adicionalmente em relação às variáveis independentes Cp≈p e 4Root-quadrado médio, e R² cumulativo.

Quanto às equações para predição dos cortes comerciais (Tabela 6), os pesos da costela, lombo, paleta e pernil foram melhores ajustadas, pois apresentaram R^2 altos e o C_p manteve-se próximo ao número de variável inclusa no modelo. A equação de predição do peso da paleta apresentou $R^2=0,90$, $C_p=6.22$ e apresentou no seu modelo seis medidas biométricas, valor semelhante ao do C_p . As MB que melhor se ajustaram nas equações de predição dos pesos dos cortes comerciais foram: LT, AC, CC, CPe, PG, PT, Cc e AG.

Para garantir a previsão mais confiável, a seleção de variáveis na análise de regressão *Stepwise* foi utilizado o C_p de Mallows, que é uma medida da equação de previsão (Mallows, 1973). Este método fornece uma única combinação de variáveis para cada equação. O tamanho do modelo e os critérios de ajuste (R^2 e RMSE) são fixos, pois o valor ideal de C_p deve estar próximo do número de variáveis envolvidas no modelo (Laville, Martin, Bastien, 1996).

Vários estudos demonstraram uma relação direta entre peso corporal e MB em caprinos (Mahieu et al., 2011; Souza et al., 2014). Existe uma relação significativa entre as MB, que pode ser usada para estimar o peso vivo e as características de carcaça devido à praticidade do método. Dessa forma, os melhores resultados são obtidos quando outras MB são incluídas no modelo preditivo (Assan et al., 2013), permitindo que os criadores tomem decisões para seleção. Esses resultados sugerem que os criadores que não possuem balança para pesar os animais possam estimar o peso vivo usando as medidas morfométricas. Isto é, eles podem usar uma fita métrica ao invés de uma balança uma prática que é muito mais fácil de executar em condições de campo e durante a compra e venda dos animais (Tesema et al., 2019).

A análise de regressão múltipla tem sido usada para interpretar relações complexas entre PV e determinadas MB. Uma etapa fundamental na construção de um modelo de regressão múltipla para fins preditivos é determinar as variáveis que melhor contribuem para a variável resposta, com a eliminação de variáveis não significativas - $P>0.05$ (Yakubu et al., 2012). Os dados apresentaram um índice para o teste de KMO de 0,80, demonstrando à adequação a análise fatorial. Para Hair Júnior et al. (2014) os valores aceitáveis de adequação estão entre 0,5 a 1,0, portanto abaixo de 0,5 indica que a análise fatorial é inadequada. Kaiser (1974) recomenda que, para a adequação de ajuste de um modelo de análise fatorial o valor de KMO deve ser maior do que 0,8.

Através da análise fatorial (Tabela 7), foi possível observar que o primeiro fator extraído pelo método de Kaiser (1974) foi responsável por acumular 62,% da variância total das características estudadas, ou seja, a maior parte da variação foi explicada com o primeiro

fator, com redução do espaço amostral. Gomes et al. (2013), ao avaliar as características da carcaça de cinco grupos genéticos de caprinos no Brasil, selecionaram os quatros primeiros fatores que explicaram 77,2% da variância total dos dados.

Tabela 7. Valor médio, variância total, comunalidade e fator loadings após rotação varimax com normalização de Kaiser em caprinos mestiços Boer

Variáveis	PC1	Comunalidade
Largura de tórax	-0,399289	0,159432
Largura de garupa	-0,850160	0,722773
Perímetro de garupa	-0,885436	0,783998
Altura de cernelha	-0,886045	0,785076
Altura de garupa	-0,911650	0,831106
Comprimento de corpo	-0,924580	0,854848
Comprimento de perna	0,666369	0,444048
Perímetro torácico	-0,917226	0,841303
Circunferência de coxa	-0,488915	0,239038
Autovalores	5,661621	-
Variação acumulada	62,9069	-

As comunalidades variaram de 0,16 a 0,85, sendo a largura do tórax, circunferência de coxa e comprimento de perna as variáveis de menor comunalidade e a largura de garupa, perímetro de garupa, altura de cernelha, altura de garupa, comprimento do corpo e perímetro torácico com maior comunalidade, para explicar a variabilidade total dos fatores extraídos (Tabela 7).

A comunalidade é um índice de variabilidade total e indica quanto uma determinada variável contribuiu para a variação total dos fatores considerados (Morrison, 1976), sendo 0,5 o valor mínimo aceitável. Menores valores de comunalidade são um indicativo de uma baixa correlação entre variáveis originais avaliadas e não adequação ao modelo. Em nosso estudo, a maior parte das variáveis apresentou alta comunalidade; portanto, as características utilizadas para avaliar as características de carcaça e peso dos cortes demonstram a adequação na análise.

As cargas fatoriais ou autovetores (pesos) representam a correlação existente entre as variáveis originais e os fatores. Assim, quanto maior a carga fatorial de uma variável maior será a correlação com determinado fator (Hair Júnior et al., 2009). A Largura de garupa, Perímetro de garupa, Altura de cernelha, Altura de garupa, Comprimento do corpo e Perímetro torácico foram as variáveis de maior carga fatorial e inversamente relacionadas no fator 1 (Tabela 7).

Essas variáveis apresentaram correlações de moderada para alta magnitude (Tabela 2 e 3). O perímetro torácico, comprimento do corpo, altura da cernelha e garupa são as principais medidas corporais que constituem importante base de dados para a avaliação dos animais

(Souza et al., 2014). Considerando, que essas medidas indicam o rendimento de carcaça e a capacidade digestiva e respiratória dos animais, no melhoramento genético elas podem ser utilizadas como critério de seleção indireta para o peso corporal.

Os escores independentes de fatores foram utilizados para prever o peso vivo, as características de carcaça e o peso dos cortes primários da carcaça dos caprinos (Tabela 8). Este estudo demonstrou que a variação explicada pelas variáveis morfológicas (Tabela 5 e 6) foi menor, pois o C_p era maior, já no uso de variáveis ortogonais (Tabela 8) para predição do peso vivo, características de carcaça e peso dos cortes, a variação explicada foi maior e os C_p menores.

Avaliando-se a medidas de ajuste, observa-se que os valores do coeficiente de determinação (R^2) são altos para algumas equações de predição, indicando boa correlação da variável dependente com as independentes, desta forma o modelo tem alta explicação na variabilidade do valor de y . O uso de variáveis morfológicas deve ser tratado com cautela, pois a multicolinearidade está associada a estimativas instáveis dos coeficientes de regressão (Ogah, 2011). O uso das características ortogonais proporciona uma avaliação mais confiável do peso vivo e das características de carcaça, pois é capaz de quebrar a multicolinearidade, um problema associado ao uso de medidas biométricas do corpo dos animais (Yakubu et al., 2009; Ogah, 2011 e Yakubu et al., 2012). Entretanto, Tesema et al. (2019) trabalhando com predição com características originais e ortogonais observaram que a variação explicada pelas variáveis explicativas interdependentes foi superior ao uso de características ortogonais para peso vivo, características de carcaça e previsão do peso de cortes primários da carcaça de caprinos mestiços da raça Boer.

Tabela 8. Equações de predição para características e cortes da carcaça a partir de características ortogonais de caprinos mestiços Boer

NºEq.	Equação	Cp	R ²	RMSE	P valor
	Peso corporal ao abate (PCA)				
1	PCA=16,23(±0,14)-1,00(±0,06)CP1	2,00	0,90	0,80	<.0001
	Peso de corpo vazio (PCV)				
1	PCV=13,48(±0,12)-0,80(±0,05)CP1	2,00	0,89	0,67	<.0001
	Peso de carcaça quente (PCQ)				
1	PCQ=7,91(±0,31)-0,70(±0,13)CP1	2,00	0,49	1,75	<.0001
	Peso de carcaça fria (PCF)				
1	PCF=7,50(±0,08)-0,50(±0,03)CP1	2,00	0,88	0,44	<.0001
	Pescoço				
1	PES=0,460(±0,01)-0,03(±0,004)CP1	2,00	0,59	0,06	<.0001
	Paleta				
1	PAL=0,785(±0,01)-0,04(±0,004)CP1	2,00	0,78	0,06	<.0001
	Lombo				
1	LOM=0,412(±0,006)-0,03(±0,009)CP1	2,00	0,80	0,04	<.0001
	Pernil				
1	PER=1,23(±0,01)-0,179(±0,01)CP1	2,00	0,83	0,08	<.0001
	Costela				
1	COS=0,960(±0,02)-0,06(±0,009)CP1	2,00	0,56	0,12	<.0001
	Peças de resíduos da carcaça (OFF)				
1	OFF=5,55(±0,13)-0,23(±0,06)PC1	2,00	0,36	0,76	0,0003
	Vísceras e órgãos (VISC)				
1	VISC=3,15(±0,07)-0,25(±0,03)CP1	2,00	0,73	0,38	<.0001
	Loin eye area (AOL)				
1	AOL=5,64(±0,14)-0,33(±0,06)CP1	2,00	0,50	0,81	<.0001

* O coeficiente de regressão RMSE, R², Cp e valor-p são atualizados em relação a uma nova variável independente da equação de previsão, a nova variável independente é adicionalmente em relação às variáveis independentes $Cp \approx p$ e erro 4Root-quadrado médio, e R² cumulativo.

5. CONCLUSÕES

As altas correlações entre as características morfológicas dos animais com o peso corporal, características de carcaça, constituintes não carcaça e cortes comerciais primários sugerem a adequação de características morfológicas como critérios para seleção precoce do peso corporal de caprinos e suas características de carcaça, antes da realização do abate.

A utilização de modelos multivariados, baseados em medidas morfométricas que expressam o rendimento de carcaça e a capacidade produtiva dos animais, pode contribuir na seleção indireta para o peso corporal e apoiar programas de melhoramento genético e comercialização dos caprinos mestiços Boer.

6. REFERÊNCIAS

- Abdel-Mageed, I., Ghanem, N. 2013. Predicting body weight and longissimus muscle area using body measurements in subtropical goat kids. Egypt. Journal Sheep Goat Science, 8, 95-100.
- Abbad, G., Torres, C.V. 2002. Regressão múltipla stepwise e hierárquica em Psicologia Organizacional: aplicações, problemas e soluções. Estudos de Psicologia (Natal), 7, 19-29.
- Afolayan, R.A., Adeyinka, I.A., Lakpini CAM. 2006. The estimation of live weight from body measurements in Yankasa sheep. Czech Journal of Animal Science, 51, 343-348.
- Agamy, R., Abdel-Moneim, A.Y., Abd-Alla ,M.S., Abdel-Mageed II., Ashmawi, G.M. 2015. Using Linear Body Measurements to Predict Body Weight and Carcass Characteristics of Three Egyptian Fat-Tailed Sheep Breeds. Asian Journal Animal Veterinary Advances , 10, 335-344.
- Arandas, J.K.G., da Silva, N.V., de Nascimento, R.B., Pimenta-Filho, E.C., de Brasil, L.H.A., Ribeiro, M.N., 2016. Multivariate analysis as a tool for phenotypic characterization of an endangered breed. Journal Appl Animal Res, 45, 152-158.
- Assan, N. 2013. Bioprediction of body weight and carcass parameters from morphometric measurements in livestock and poultry. Scientific Journal Review, 2, 140-150.
- Bautista-Diaz, E., Salazar-Cuytun, R., Chay-Canul, A. J., Herrera, R. A. G., Piñeiro-Vázquez, A.T., Monforte, J. G. M., Tedeschi, L. O., Cruz-Hernández, A., Gómez-Vázquez, A. 2017. Determination of carcass traits in Pelibuey ewes using biometric measurements. Small Ruminant Research, 147, 115-119.

- Bingol M., Gokdal O., Aygun T., Yilmaz A., Daskiran I. 2011. Some productive characteristics and body measurements of Norduz goats of Turkey. *Tropical Animal Health and Production*.
- Boggs D.L. and Merkel R.A. 1993. *Live Animal Carcass Evaluation and Selection Manual* (4th Ed.). Kendall and Hunt Publishing Company, Dubuque, IA. Cited by Corral de Mesta et al., 2004. *The Texas Journal of Agriculture and Natural Resource*, 17, 46-52.
- Brasil Ministry of Agriculture, Livestock and Food Supply, Secretariat of Agricultural and Livestock Defense (SDA), Department of Animal Products Inspection, Division of Technical Standards. Normative Instruction No. 3 of January 17, 2000, Lex: Official Gazette of the Union of January 24.
- Cézar, M. F. and Sousa, W. H. 2007. *Carcaças ovinas e caprinas: obtenção-avaliação-classificação*. Uberaba: Agropecuária Tropical.
- De Paula, N. F., Tedeschi, L. O., Paulino, M. F., Fernandes, H. J., Fonseca, M. A. 2013. Predicting carcass and body fat composition using biometric measurements of grazing beef cattle. *Journal of Animal Science*, 91, 3341-3351.
- Fernandes, H. J., Tedeschi, L. O., Paulino, M. F., Paiva, L. M. 2010. Determination of carcass and body fat compositions of grazing crossbred bulls using body measurements. *Journal of Animal Science*, 88, 1442-1453.
- Festing, M. F. W., Altman, D. G. 2002. Guidelines for the Design and Statistical Analysis of Experiments Using Laboratory Animals. *ILAR Journal*, 43, 244-258.
- Gomes, H. F. B., Gonçalves, H.C., Neto Polizel, A., Cañizares, G.I.L., Roça, R.O., Marques, R.O., Oliveira, G.M., Queiroz, E.O. 2013. Common factors method to predict the carcass composition tissue in kid goats. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 42, 193-203.
- Hair Júnior, J.F., Tatham, R.L., Anderson, R.E., Black, W.C. 2009. *Análise multivariada de dados*. 6. ed. Porto Alegre: Bookman.
- Hair Júnior, J.F., Black, W.C., Babin, B.J., Anderson, R.E. 2014. *Multivariate Data Analysis*. 7^a ed. United States of America: Pearson.
- Hernandez-Espinoza, D. F., Oliva-Hernández, J., Pascual-Córdova, A., Hinojosa-Cuéllar, J. A. 2012. Descripción de medidas corporales y composición de la canal en corderas Pelibuey: Estudio preliminar. *Revista Científica*, 22, 24-31.
- Johnson, R.A. and Wichern, D.W. 1998. *Applied multivariate statistical analysis*. 5th edition. Practice Hall. Texas.
- Kaiser, H. F. 1970. "A Second Generation Little Jiffy." *Psychometrika*, 35, 401-416.
- Kaiser, H.F. 1974. An index to factorial simplicity. *Psychometrika*. 39, 31-36.

- Laville, E., Martin, V., Bastien, O. 1996. Prediction of composition traits of young charolais bull carcasses using a morphometric method. *Meat Science*, 44, 93-104.
- MacNeil, M.D. 1983. Choice of a prediction equation and the use of the selected equation in subsequent experimentation. *Journal of Animal Science*, 57, 1328-1336.
- Mahieu, M., Naves, M., Arquet, R. 2011. Predicting the body mass of goats from body measurements. *Livestock Research for Rural Development*, 23.
- Mallows, C. L. 1973. *Technometrics*, 15, 661.
- National Research Council – NRC, 2007. Nutrient requirements of small ruminants. 7.ed. Washington: National Academic Press.
- Morrison D.F., 1976. Multivariate statistical methods. 2nd ed. New York: McGraw-Hill Company, 415.
- Ogah, D.M., Yusuf ,N.D., Ari, M.M. 2011. Path coefficient model for assessment of weight using linear traits at birth and at weaning in Nigeria indigenous pig. In Proc. Of 34th conf. Of Tanzania Societ of Animal Production Conference.
- Ricardo, H. L., Roça, R. O., Lambre, N. R., Seno, L. O., Fuzikawa, I. H., Fernandes, A. R. M. 2016. Prediction of weight and percentage of salable meat from Brazilian market lambs by subjective conformation and fatness scores. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 45, 639-644.
- Shrestha J.N.B., Heawey D.P., Fisher P.S., Lanroord G.A. 1984. Influence of breed, birth date, age and body weight on linear measurements of growing rams maintained in a controlled environment. *Canadian Journal of Animal Science*, 64, 279-291.
- Souza, D. S., Silva, H. P., Carvalho, J. M. P., Melo, W. O., Monteiro, B. M., Oliveira, D. R. 2014. Growth of Santa Inês lambs until weaning and relationship between biometric measurements and body weight, when raised in the Amazonia climate *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 66, 1787-1794.
- Tabachnick, B. G., Fidell, L. S. 2001. Principal components and factor analysis. In B. G. Tabachnick & L. S. Fidell, *Using multivariate statistics*. (4th ed.). Needham Heights, MA, Allyn & Bacon. 582 - 633.
- Tesema, Z., Tilahumn, M., Zegeye, A., Yizengaw, L. 2019. Statistical modeling of carcass traits, primal carcass cuts, body weight and morphological traits of pure Central Highland and crossbred Boer goats. *Journal of Applied Animal Science*, 12, 39-55.
- Yakubu ,A., Salako ,A.E., Abdullah ,A.R. 2011. Varimax rotated principal component analysis of the zoometrical traits of Uda sheep. *Archieva Zootech*, 60,813-816.

- Yakubu, A., Idahor, K. O., Agade, Y. I. 2009. Using factor scores in multiple linear regression model for predicting the carcass weight of broiler chickens using body measurements. *Revista Cientifica UDO Agricola*, 9, 963-967.
- Yakubu, A., Mohammed, G.L. 2012. Application of path analysis methodology in assessing the relationship between body weight and biometric traits of red sokoto goat in Northern Nigeria. *Biotechnology in Animal Husbandry*, 28, 101-117.

CAPÍTULO IV

**Uso da análise discriminante canônica na caracterização da carcaça caprina:
uma visão multivariada**

Uso da análise discriminante canônica na caracterização da carcaça caprina: uma visão multivariada

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi identificar quais características da carcaça e cortes comerciais têm o melhor poder discriminatório, em função do sexo e peso ao abate de caprinos, por meio de análises discriminantes. Foram utilizadas 32 caprinos (16 machos e 16 fêmeas), com peso médio inicial de 3,09 kg, abatidos aos 70 e aos 100 dias. Os dados foram submetidos à análise discriminante canônica, para verificar possíveis diferenças entre os tratamentos (sexo dos animais e pesos ao abate). Para a seleção das variáveis de maior poder discriminatório, foi utilizado o método *stepwise*, para compor a função discriminante. No total de 18 variáveis primárias avaliadas, foram incluídas no modelo discriminante 8 variáveis: peso corporal vazio, profundidade do peito, largura do peito, circunferência da coxa, pescoço, lombo, comprimento da perna e largura da garupa. A variável com maior poder discriminatório entre os tratamentos, selecionada através dos coeficientes canônicos padronizados em ordem de importância foi o lombo do animal, também selecionada por apresentar o maior poder discriminatório, pelo método *stepwise*.

Palavras-chave: Cabrito mamão. Cortes comerciais. *Mahalanobis*. Rendimento de carcaça. Variável canônica.

Use of canonical discriminant analysis on the characterization of goat carcass: a multivariate vision

ABSTRACT

The objective of this work was to identify which characteristics of the carcass and commercial cuts have the best discriminatory power, according to sex and weight at the slaughter of goats, through discriminant analyzes. 32 goats (16 males and 16 females) were used, with an initial average weight of 3.09 kg, slaughtered at 70 and 100 days. The data were subjected to canonical discriminant analysis to verify possible differences between treatments (sex of animals and slaughter weights). For the selection of variables with greater discriminatory power, the stepwise method was used to compose the discriminant function. In the total of 18 primary variables evaluated, 8 variables were included in the discriminant model: empty body weight, chest depth, chest width, thigh circumference, neck, loin, leg length and croup width, the variable with the greatest discriminatory power between treatments, selected through standardized canonical coefficients in order of importance, was the animal's loin, also selected for presenting the greatest discriminatory power, by the stepwise method.

Keywords: Canonical variable. Commercial cuts. Carcass yields. *Mahalanobis*. Suckling kids.

1. 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 para a influência de fatores como raça, genótipo, peso ao abate, sexo e idade do animal sobre essas características (Sânudo et al., 2008; Costa et al., 2010; Coelho et al., 2016). 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).

As medidas de carcaça são importantes porque permitem comparações entre pesos e idades ao abate, sistemas de alimentação, e correlações com outras medições ou tecidos que constituem a carcaça, permitindo estimar essas características (Silva e Pires, 2000). Estudos de avaliação de carcaça, geralmente são realizados considerando um grande número de características, algumas delas redundantes (Barbosa et al., 2005), tornando-se difícil a interpretação por meio de análises univariadas. Sendo assim, as técnicas de análise multivariada surgem 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 prever fenômenos biológicos, baseando-se em um complexo de variáveis importantes para o desenvolvimento do plano experimental (Dillon e Goldstein, 1984).

Portanto, 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 análise discriminante canônica é uma técnica multivariada 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 (Guedes et al., 2018). Alguns estudos já foram realizados utilizando a análise discriminante com características de carcaça de outras espécies (Rosário et al., 2008; Almeida et al., 2013), características de carcaça de ovinos (Paim et al., 2013; Notter et al., 2014; Camacho et al., 2015), entretanto trabalhos com caprinos ainda são escassos.

Assim, o objetivo deste trabalho foi identificar quais as características de carcaça e cortes com melhor poder discriminatório entre os sexos e pesos ao abate de cabrito mamão, por meio da análise discriminante.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Local do Experimento

O experimento foi realizado na Estação Experimental Pendência, pertencente à Empresa Estadual de Pesquisa Agropecuária da Paraíba (EMPAER -PB), localizada no município de Soledade, microrregião do Cariri Paraibano, situada entre as coordenadas geográficas de 7° 8' 18" latitude Sul e 36° 27' 2" latitude a oeste de Greenwich, com altitude de 534 m e temperatura média de 30 °C e umidade relativa do ar média de 70,1%.

2.2 Animais

O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética Animal da Universidade Federal da Paraíba-UFPB, Brasil (protocolo número 2305/14). Foram utilizados 32 caprinos (16 machos: 8 abatidos com 70 dias e 8 abatidos com 100 dias + 16 fêmeas: 8 abatidas com 70 dias e 8 com 100 dias), mestiços da raça Boer com cabras nativas. Os animais possuíam pesos médios ao nascer de 3,11kg±0,64 (machos) e 3,00 kg±0,76 (fêmeas) para os abatidos aos 70 dias e pesos de 3,65kg±0,71 (machos) e 3,25kg±0,38 (fêmeas), para os abatidos aos 100 dias de idade.

Os animais foram inicialmente identificados, pesados e tratados contra ecto e endoparasitas e vacinados contra clostridioses. Em seguida, foram alojados em aprisco de chão batido com as mães que receberam durante três dias em cocho alimentação *ad libitum*, e as crias se alimentavam exclusivamente do leite materno. O período de adaptação constituiu de 14 dias e a pesagem dos cabritos foram realizadas semanalmente para o controle do ganho de peso. Todos os animais experimentais foram selecionados levando-se em consideração, semelhança de pesos vivos, o tipo de nascimento (simples, duplo e triplo) e peso vivo para evitar que estes efeitos influenciassem as características avaliadas.

2.3 Dieta e manejo

A partir dos 10 dias de idade, as crias receberam uma dieta completa *ad libitum* em cochos privativos. A dieta foi formulada de acordo com o NRC (2007), visando ganho de peso de 200 g/dia. Em uma relação 48:52 volumoso:concentrado, sendo utilizado o feno de capim Tifton (*Cynodon dactylon*), e os concentrados foram compostos por farelos de milho e soja (Tabela 1). As crias foram alimentadas com leite materno e *creep feeding*, até os 70 dias de idade (Tabela 1).

Tabela 1. Composição química dos ingredientes da dieta experimental com base na Matéria Seca para as crias com idade até os 70 dias

Ingredientes (g kg ⁻¹ na matéria seca)	Dieta
Feno de tifton	200
Farelo de milho	550
Farelo de soja	210
Óleo de soja	20
Sal mineral	10
Calcário	10
Composição química	
Matéria seca, MS (g kg ⁻¹ na dieta)	890
Proteína bruta, PB (g kg ⁻¹ na MS)	233
Matéria mineral, MM (g kg ⁻¹ na MS)	61
Extrato etéreo, EE (g kg ⁻¹ na MS)	50
Fibra detergente neutro, FDN (g kg ⁻¹ na MS)	258
Cálcio (g kg ⁻¹ na MS)	8,4
Fósforo (g kg ⁻¹ na MS)	3,8
Energia metabolizável, EM (Mcal kg ⁻¹ MS)	2,5

Ao atingirem os 70 dias as crias desse grupo eram pesadas, anotando-se o seu escore corporal e encaminhadas para o abate. Após os 70 dias, os demais animais que permaneceram no sistema iniciaram um manejo diferente, sendo soltos com as suas respectivas mães, tendo acesso aos piquetes com pastagem nativa e blocos multinutricionais. No período da tarde, ao retornarem às instalações, receberam feno de capim Tifton (*Cynodon dactylon*) e concentrado numa relação 48% volumoso: 52%: concentrado, até completarem 100 dias, momento do abate. O concentrado era composto de farelo de milho (36%), farelo de Soja (12%), óleo de soja (2%), sal mineral e calcário (2%).

2.4 Abate e avaliação de carcaça

Quando os animais atingiram a idade ao abate foram pesados para obtenção do peso vivo final. Posteriormente, foram submetidos a um jejum sólido de 16 horas e pesados para a obtenção do peso corporal ao abate (PCA). O ganho de peso total (GPT) dos animais foi verificado pela diferença entre o peso vivo final e inicial, enquanto o ganho médio diário (GMD) foi obtido pelo GTP/período de confinamento.

O abate foi procedido em concordância com as normas vigentes do RIISPOA (Brasil, 2000): os animais foram insensibilizados por pistola de dardo cativo, por atordoamento na região atlanto-occipital seguido de sangria, por quatro minutos, pela seção da carótida e da jugular. O sangue foi recolhido em recipiente previamente tarado para posterior pesagem.

Após esfolagem e evisceração, foram retiradas a cabeça (secção na articulação atlanto-occipital) e as patas (secção nas articulações metacarpianas e metatarsianas) e registrado o peso da carcaça quente (PCQ). Depois de obtidos o PCQ, as carcaças foram conduzidas à

câmara fria, com temperatura média de 4°C, onde permaneceram por 24 horas suspensas em ganchos pelo tendão do músculo gastrocnêmico e, posteriormente, foi obtido o peso de carcaça fria (PCF), segundo metodologia de Cezar e Sousa (2007). Com essas pesagens foi possível calcular os rendimentos de carcaça quente $[RCQ = \frac{PCQ}{PCA} \times 100]$, carcaça fria $[RCF = \frac{PCF}{PCA} \times 100]$, e a perda por resfriamento $[PPR (\%) = \frac{(PCQ-PCF)}{PCQ} \times 100]$.

O trato gastrointestinal (TGI) foi pesado cheio e vazio para determinação do peso do corpo vazio (PCV), através da seguinte fórmula: $PCV = PCA - [(TGIC - TGIV) + \text{urina} + \text{suco biliar}]$, cuja variável é base para o cálculo do rendimento verdadeiro ou biológico $[RV(\%) = \frac{PCQ}{PCV_z} \times 100]$.

As avaliações objetivas consistiam nas medições morfométricas: comprimento externo da carcaça (CE); comprimento interno (CI); comprimento de perna (CP); largura de tórax (LTO); largura de garupa (LGA); perímetro da coxa (PCO); perímetro de garupa (PEG); perímetro de tórax (PET); profundidade de tórax (PFT); profundidade interna do tórax (PFI) utilizando o hipômetro e a fita flexível (Truper®).

Posteriormente, as carcaças foram seccionadas na sínfise ísquio-pubiana, seguindo o corpo e apófise espinhosa do sacro, das vértebras lombares e dorsais. Então, submeteu-se a carcaça a corte longitudinal e realizada a pesagem da meia-carcaça esquerda. As meias carcaças foram seccionadas em seis regiões anatômicas que constituem os cortes comerciais: pescoço, paleta, costela, serrote, lombo e pernil, segundo metodologia de Cezar & Sousa (2007). Em seguida o peso individual de cada corte, foi registrado para cálculo da sua proporção em relação à soma da meia carcaça reconstituída, obtendo-se o rendimento dos cortes da carcaça.

2.5 Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise discriminante canônica, para verificar possíveis diferenças entre os tratamentos avaliados (sexo dos animais e pesos ao abate), identificar as variáveis que melhor discriminam e utilizar essas variáveis para criar uma função discriminante que represente as diferenças entre os tratamentos.

O modelo matemático utilizado na análise foi:

$$D(x) = \hat{L}' \cdot \bar{x} = [x_1 - x_2]' S^{-1} \cdot x$$

Em que: $D(x)$ = função discriminante linear amostral de Fisher; L = estimativa do vetor discriminante; x_1 e x_2 = média amostral da população π ; $\bar{x}$ = média amostral da população π ; S^{-1} = matriz de covariância amostral.

Para a seleção das variáveis de maior poder discriminatório, foi utilizado o método *stepwise*. A seleção de variáveis por esse método inicia sem nenhuma variável no modelo e, em cada etapa, se combina a adição das variáveis com maior poder de discriminação e eliminando aquelas de menor contribuição, ou seja, com base na estatística F ou no valor de lambda de Wilks. O principal objetivo desse procedimento é encontrar o melhor conjunto de variáveis para compor a função discriminante.

As análises estatísticas foram realizadas utilizando-se o software Statistica 8.0.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

No total de 18 variáveis iniciais avaliadas, foram incluídas no modelo discriminante, através da seleção pelo método *stepwise* as variáveis, Peso corporal vazio, Profundidade do tórax, Largura do tórax, Perímetro de coxa, Pescoço, Lombo, Comprimento de perna e Largura de garupa (Tabela 2). Esse conjunto de variáveis selecionadas são as que melhor compõem o modelo discriminatório para os tratamentos avaliados.

Tabela 2. Variáveis selecionadas e excluídas pelo método *stepwise*

Variáveis selecionadas	Wilks' (Lambda)	Partial (Lambda)	p-value
Peso corporal vazio	0,053691	0,712653	0,063622
Profundidade do tórax	0,046638	0,820427	0,235511
Largura do tórax	0,050651	0,755436	0,110453
Perímetro de coxa	0,054925	0,696646	0,051176
Pescoço	0,044699	0,856030	0,342161
Lombo	0,058262	0,656748	0,028916
Comprimento de perna	0,051220	0,747047	0,099465
Largura de garupa	0,045746	0,836434	0,279611

Entre as variáveis selecionadas, a mais importante para a função discriminante, ou seja, aquela de maior significância ($p < 0,05$) ou maior poder de discriminação entre os tratamentos foi a variável Lombo ($P = 0,028916$) (Tabela 2). O lombo é um músculo de maturidade tardia, sendo indicado para representar o desenvolvimento e o tamanho do tecido muscular (Sainz, 1996). Além disso, o lombo consta entre cortes padronizados para pequenos ruminantes, na maior parte dos países do mundo, sendo classificado como um corte nobre

(Madruga et al., 2005). A medida morfométrica largura do torax foi à de maior importância ($P=0,051$) e as demais variáveis do modelo apresentaram menor significância ($P>0,051$) na discriminação dos tratamentos.

As funções e percentagem de classificação geradas a partir da análise discriminante (Tabela 3) indicam que os animais dos tratamentos F70 e M100 foram 100% classificados em seus respectivos grupos de origem, demonstrando homogeneidade no comportamento desses tratamentos. Em relação aos tratamentos F100 e M70, 75% dos animais foram classificados em seu grupo de origem.

Tabela 3. Funções e percentagem de classificação por tratamento F70, F100, M70 e M100 obtido pelo método *stepwise*

Função de classificação	%
$Y_{(F70)} = -544.39 - 11.19_{(PVA)} + 0.37_{(PROFT)} + 25.53_{(L\text{TORAX})} + 18.40_{(PCOXA)} - 118.44_{(PECOÇO)} - 10.62_{(LOMBO)} + 12.05_{(CP)} + 15.26_{(IGAR)}$	100
$Y_{(F100)} = -620.99 - 11.10_{(PVA)} + 0.32_{(PROFT)} + 21.38_{(L\text{TORAX})} + 21.81_{(PCOXA)} - 108.00_{(PECOÇO)} + 66.27_{(LOMBO)} + 10.43_{(CP)} + 18.60_{(IGAR)}$	75
$Y_{(M70)} = -540.73 - 9.68_{(PVA)} + 0.36_{(PROFT)} + 24.58_{(L\text{TORAX})} + 17.43_{(PCOXA)} - 95.40_{(PECOÇO)} - 73.00_{(LOMBO)} + 13.28_{(CP)} + 14.19_{(IGAR)}$	75
$Y_{(M100)} = -595.70 - 8.28_{(PVA)} + 0.66_{(PROFT)} + 19.33_{(L\text{TORAX})} + 21.03_{(PCOXA)} - 114.186_{(PECOÇO)} - 15.86_{(LOMBO)} + 11.10_{(CP)} + 16.22_{(IGAR)}$	100

PVA = Peso corporal vazio, PROFT = Profundidade do tórax, LTORAX = Largura do tórax, PCOXA = Perímetro de coxa, PESCOÇO, LOMBO, CP = Comprimento de perna e LGAR = Largura de garupa.

A Tabela 4 contém as distâncias de *Mahalanobis quadráticas* entre os tratamentos, indicando que a menor distância foi observada entre os tratamentos M70 e F70 ($P>0,05$).

Tabela 4. Distância de *Mahalanobis* quadrática entre os tratamentos avaliados

Tratamentos	M70	F70	M100	F100
M70	0,000000	4,835809	23,826280*	32,247250*
F70		0,000000	22,389280*	24,351800*
M100			0,000000	9,011556*
F100				0,000000

* significância pelo teste F ($p < 0,05$)

Os tratamentos M100 e F100 também apresentaram uma pequena distância, entretanto significativa ($P<0,001$). Esses resultados indicam que machos e fêmeas com a mesma idade de abate (70 e 100 dias) apresentaram resultados similares para medidas biométricas e os cortes da carcaça. As maiores distâncias ($P>0,05$) foram observadas entre os tratamentos: M70 e M100, M70 e F100, F70 e M100 e F70 e F100, indicando que a idade ao abate influencia significativamente ($P<0,05$) nas medidas biométricas e nos cortes da carcaça, uma

vez que podemos observar que as maiores distâncias são em função da idade de abate e não do sexo dos animais (Tabela 4).

Os coeficientes canônicos padronizados e a correlação canônica para o novo conjunto de dados obtido são mostrados na Tabela 5. As duas primeiras variáveis canônicas explicaram 95% da variação total dos dados.

Tabela 5. Coeficientes canônicos padronizados, autovalores, variação total, correlação canônica, teste Lambda Wilks e p-value.

Variáveis	CAN 1	CAN 2	CAN 3
Peso corporal vazio	0,148376	-1,36648	-0,069766
Profundidade do tórax	0,102325	-0,54405	-0,473394
Largura do tórax	-0,591717	0,62851	-0,034310
Perímetro de coxa	0,750881	0,13954	-0,205810
Pescoço	-0,071521	-0,08767	0,879210
Lombo	0,856096	0,80569	-0,741171
Comprimento de perna	-0,644938	-0,37975	0,606172
Largura de garupa	0,402375	0,42565	0,100874
Autovalores	6,454946	1,44315	0,434900
Prop. Acumulada	0,774625	0,94781	1,000000
Correlação canônica	0,930516	0,768565	0,550534
Lambda de Wilks	0,038263	0,285251	0,696913
p-value	0,000001	0,004935	0,172044

Esses resultados permitem estudar o comportamento por intermédio das variáveis canônicas com segurança nas informações, pois as três combinações lineares explicam toda a variação (100%), com nenhuma perda de explicação do fenômeno estudado. Quanto maior a proporção de variação explicada pelas primeiras variáveis canônicas, mais eficientes a análise e melhor a explicação do fenômeno multivariado (Mingoti, 2005).

Com base nos coeficientes canônicos padronizados e considerando que a variável canônica 1 (CAN 1) possui maior poder discriminante do que as demais, além de ser considerada como a função discriminante linear de Fisher, sendo disposta como:

$$\text{CAN 1} = 0,148376 (\text{PVA}) + 0,102325 (\text{ProfT}) - 0,591717 (\text{Ltorax}) + 0,750881 (\text{Pcoxa}) - 0,071521 (\text{Pesçoço}) + 0,856096 (\text{Lombo}) - 0,644938 (\text{CP}) + 0,402375 (\text{lgar}).$$

A correlação canônica associada à primeira função (CAN 1) foi de 0,930516, essa análise tem por objetivo verificar a associação múltipla entre os escores discriminantes e os grupos. O seu valor ao quadrado (87%) mensura e indica o alto poder explicativo da primeira função discriminante. Além disso, outro teste de validação do modelo é Lambda de Wilks, que tem por finalidade testar a significância da função discriminante. Podemos inferir que o

CAN 1 é altamente significativo ($P=0,000001$) e, portanto, melhor discrimina os grupos (lambda de Wilks =0,038263).

Quanto menor o valor da estatística Lambda de Wilks, maior é o grau de diferenciação entre os grupos ou tratamentos (Hair et al. 2009). A variável de maior peso na primeira variável canônica foi o Lombo, resultado já evidenciado, uma vez que essa variável foi a de maior significância ($P<0,0001$) para discriminar os tratamentos (Tabela 2). As características de maior peso na segunda e terceira variável canônica foram PVA e Pescoço, respectivamente.

A figura 1 ilustra com objetividade a representação canônica dos tratamentos. As duas primeiras variáveis canônicas (CAN1 e CAN2) foram suficientes para explicar 77,46% e 17,32% da variação total dos dados, respectivamente. É possível observar que os grupos F70 e M70 estão próximos, que conforme já foi descrito, são os tratamentos de menor distância (Tabela 4).

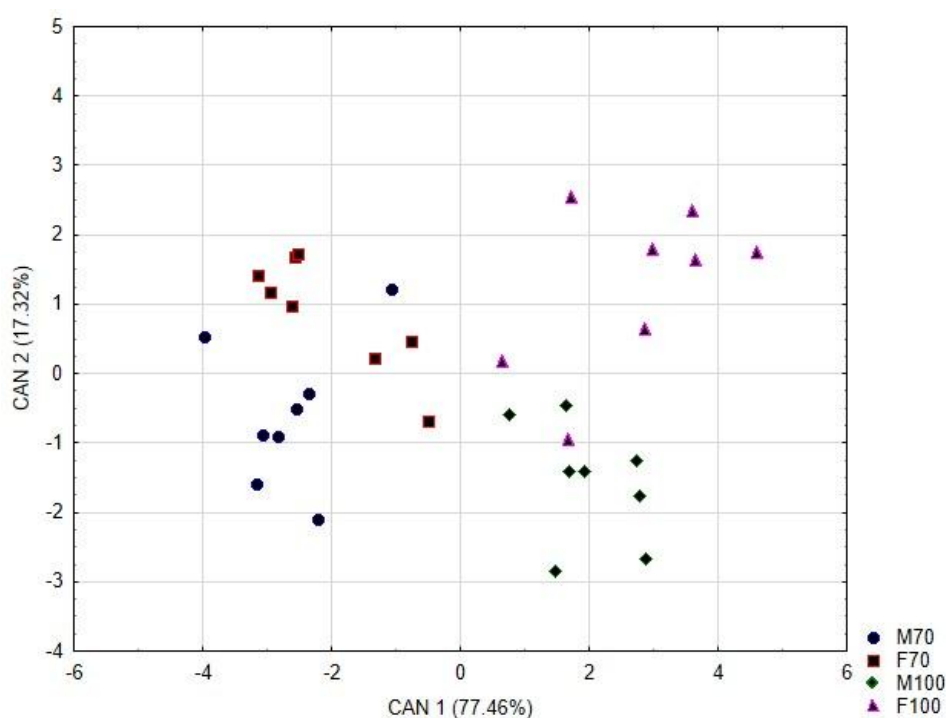


Figura 1. Gráfico bidimensional da análise discriminante canônica de F70, F100, M70 e M100 para as medidas biométricas e cortes da carcaça de caprinos.

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 imaginar que o aumento do número de variáveis-

resposta aumenta a capacidade de discriminação (Mingoti, 2005). No geral, os tratamentos estão visualmente bem separados, evidenciando uma boa discriminação.

4. CONCLUSÕES

A análise discriminante foi eficiente para discriminar e identificar as características de carcaça e corte com capacidade de reduzir significativamente o número de variáveis avaliadas experimentalmente. A variável com maior poder discriminatório entre os tratamentos, selecionada através dos coeficientes canônicos padronizados em ordem de importância foi o lombo do animal, também selecionada por apresentar o maior poder discriminatório pelo método *stepwise*.

As distâncias de *Mahalanobis quadráticas* entre os tratamentos indicam que as maiores distâncias são observadas em função da idade de abate e não do sexo dos animais.

5. REFERÊNCIAS

- Almeida, J.C.S., Figueiredo, D.M., Boari, C.A., Paixão, M.L., Sena, J.A.B., Barvosa, J.L., Ortêncio, M.O., Moreira, K.F. 2015. Performance, body measurements, carcass, and meat quality in lambs fed residues from processing agroindustry of fruits. *Semina: Ciências Agrárias*, 36, 541-556.
- Barbosa, L.T., Lopes, P.S., Regazzi, A.J., Guimarães, S.E.F., Torres, R. A. 2005. Evaluation of swine carcass traits using principal components. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 34, 2009-2217.
- Brasil, Ministério da Agricultura, Instrução Normativa nº 3, de 07 de janeiro de 2000, Regulamento técnico de métodos de insensibilização para o abate humanitário de animais de açougue. *Diário Oficial da União*, Brasília, 14-16, 24 de janeiro de 2000, Seção I.
- Camacho, A., 2015. Effect of breed (hair and wool), weight, and sex on carcass quality of light lambs under intensive management. *Journal of Applied Animal Research*, 43, 479-486.
- Cezar, M.F., Sousa, W.H. 2007. Carcaças ovinas e caprinas: obtenção, avaliação e classificação. Uberaba: Agropecuária Tropical.

- Coelho, E.R., Nunes, O.L.S.B., Souza, E.J.O. 2016. Factors influencing the quality of the meat of small ruminants. *Ciência Animal*, 26, 85-94.
- Costa, R.G., Vallejo, M.E.C., Bermejo, J.V.D., Henríquez, A.A., Vallecillo, A., Santos, N.M. 2010. Influence of animal gender and production system on the carcass characteristics of goats of the Blanca Serrana Andaluza breed. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 39, 382-386.
- Dillon, W.R., Goldstein, M., 1984. *Multivariate Analysis: Methods and Applications*, 2d ed., John Wiley, New York, 462.
- Guedes, D.G.P., Ribeiro, M.N., Carvalho, F.F.R. 2018. Multivariate techniques in the analysis of carcass traits of Morada Nova breed sheep. *Ciência Rural*, 48, e20170746.
- Hair Júnior, J.F., Tatham, R.L., Anderson, R.E., Black, W.C. 2009. *Análise multivariada de dados*. 6. ed. Porto Alegre: Bookman.
- National Research Council- NRC. 2007. *Nutrient requirements of small ruminants: sheep, goats, cervids, and New World camelids*, Washington, D. C.: The National Academies Press.
- Notter, D.R., Mousel, M.R., Leeds, T.D., Zerby, H.N., Moeller, S.J., Lewis, G.S., Taylor, J.B. 2014. 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*, 92, 1980-1994.
- Paim, T.P., Silva, A.F., Martins, R.F.S., Borges, B.O., Lima, P.M.T., Cardoso, C.C, Esteves, G.I.F., Louvandini, H., McMannus, C. 2013. Performance, survivability, and carcass traits of crossbred lambs from five paternal breeds with local hair breed Santa Inês ewes. *Small Ruminant Research*, 112, 28-34.
- Sainz, R.D. Qualidade de carcaças de ovinos e caprinos. 1996. In: *Reunião Anual da Sociedade Brasileira De Zootecnia*, 33, Fortaleza. *Anais...* Fortaleza: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 3-14.
- Silva, L.F., Pires, C.C. 2000. Avaliações quantitativas e predição das proporções de osso, músculo e gordura da carcaça em ovinos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 29, 1253-1260.

CONSIDERAÇÕES FINAIS E IMPLICAÇÕES

O presente estudo se propôs avaliar o efeito da idade e do sexo dos animais na caracterização, qualidade e cortes da carcaça de caprinos oriundos do cruzamento de matrizes sem padrão racial definido (Crioulas), com reprodutores da raça Boer, especializada na produção de carne. Através da aplicação da análise univariada como também a aplicação de algumas das principais técnicas de análise multivariada em características de carcaça de caprinos a fim de reduzir a dimensionalidade do espaço multivariado.

O interesse por estudos das técnicas multivariadas, como alternativa para redução na dimensionalidade do espaço multivariado, tem crescido significativamente nos últimos anos, demonstrando resultados satisfatórios no que diz respeito à produção animal.

No presente estudo as técnicas de multivariadas utilizadas demonstraram eficiência para discriminar e identificar as características de carcaça e corte com capacidade de reduzir significativamente o número de variáveis avaliadas. Podendo contribuir na seleção indireta para o peso corporal e apoiar programas de melhoramento genético e comercialização dos caprinos mestiços Boer.

Nos últimos anos as maiorias dos consumidores buscam por carne magra e nutritiva com qualidades sensoriais adequadas e propriedades funcionais que não prejudiquem sua qualidade de vida. E os resultados obtidos nessa pesquisa foram favoráveis para esse contexto, ambos os animais abatidos aos 70 e 100 dias podem ser comercializados, provendo uma boa qualidade de carne. Porém, os animais aos 100 dias demonstraram melhores resultados, e uma carne com poucos teores calóricos, ambas as idades sem influência do fator sexo.

Esta pesquisa demonstrou a necessidade da realização de mais estudos a partir de abates de animais mais jovens, com a finalidade de aproveitar o potencial genético da produção de caprinos de corte, através de uma visão multivariada. Conscientização para a comercialização dos animais mais jovens, já que no Nordeste Brasileiro os abates dos caprinos ocorrem em idade avançadas.

APÊNDICE(S)

APÊNDICE A

**MULTIVARIATE MODELING TO ESTIMATE CARCASS CHARACTERISTICS
AND COMMERCIAL CUTS BASED ON MORPHOMETRIC MEASUREMENTS OF
CROSSBRED GOATS**

Multivariate modeling to estimate carcass characteristics and commercial cuts based on morphometric measurements of crossbred goats

ABSTRACT

The objective was to establish a multivariate model using two complementary multivariate statistical techniques, Factor Analysis and Multiple Stepwise Regression to predict carcass characteristics, carcass cuts, internal fat, viscera, loin eye area from body measurements of goats Boer mestizos. It was used 32 goats, with initial average weights of 3.25 ± 0.66 kg and final average weights of 16.23 ± 2.53 kg. Before slaughter and after 16 hours of fasting, body weight was measured along with the biometric measurements of each animal: body length, withers height, croup height, chest width, croup width, croup perimeter, thoracic perimeter, leg length, and thigh circumference. The half carcasses were sectioned in six anatomical regions that made up the commercial cuts: neck, palette, rib, handsaw, loin, and ham. Biometric measurements showed a high correlation between them ($P < 0.05$), most of them with correlations above 50%. This behavior also occurred with the characteristics of the carcass and cuts, showing a high correlation with biometric measurements. It was observed that in the prediction equations as the number of variables increases, the value of R^2 increases, while Cp and RMSE decrease. The data presented an index for the KMO test of 0.80, demonstrating its suitability for factor analysis. The high correlations between the animals' morphological characteristics with body weight, carcass characteristics and primary commercial cuts suggest the adequacy of morphological characteristics as criteria for early selection of goats' body weight and their carcass characteristics, before slaughter.

Keywords: Factor analysis. Genotype. Morphological trait. Multiple regression. Prediction.

1. INTRODUCTION

The ultimate goal of the meat industry is to have an accurate and objective measurement method to assess the economically important characteristics of the animals and to determine the value and merit of the carcass while the animal is still alive (Bogass and Merkel, 1993). A quick and easy-to-use tool is needed to predict the live weight and carcass characteristics of the animals by the breeders, as they depend on visual assessment to estimate the live weight of the goats under field conditions (Tesema et al., 2019). The prediction of the carcass characteristics, including the own weight of the cuts, can provide a viable alternative to estimate their value and assist in marketing for some niches (Afolayan et al., 2006).

Biometric measurements (BM) are essential to predict the quantitative characteristics of the meat and are also useful in the development of suitable selection criteria (Tesema et al., 2019). The BMs can also be used as an indirect way of estimating live weight and carcass characteristics due to the relative ease of measuring linear dimensions (Bingol et al., 2011; Assan et al., 2013; Ricardo et al., 2016; Bautista Diaz et al., 2017) and would overcome many of the problems associated with visual assessment (Shrestha et al., 1984). The BM correlation matrix can be used to predict live weight and carcass averages in goats (Abdel-Mageed et al., 2013; Tesema et al., 2019) and sheep (Bautista-Diaz et al., 2017).

Multivariate models allow the analysis of the relationship between multiple explanatory variables. Part of the research aimed at examining the effect of two or more independent variables on a dependent variable uses multiple regression analysis (Abbad and Torres, 2002). Multiple regression analysis has been used to interpret the complex relationships between live weight and some BM. However, the interpretation of these multiple regressions can be misleading when there is multicollinearity between the predictor variables (Ogah, 2011; Yakubu et al., 2012; Tesema et al., 2019). To address this problem, multivariate factor analysis is best suited as a statistical method to reduce a complex system of correlations to one of smaller dimensions by extracting some unobservable latent variables called factors (Tabachnick and Fidell, 2001). Factor scores can be derived from this multivariate analysis, which can be almost uncorrelated or orthogonal. Factor scores could, therefore, be used for prediction, thus solving the problem of multicollinearity, which can occur when data are collected on a small basis because, for ethical and economic reasons, a good experimental design requires the use of the minimum number of animals needed to achieve the desired goal given the required accuracy (Festing and Altman, 2002).

The work hypothesizes that biometric measurements are capable of estimating carcass, cuts, viscera, and internal fat characteristics. As the information used to estimate the carcass composition of goats through physiological characteristics is weak the objective was to establish a multivariate model using two complementary multivariate statistical techniques, Factor Analysis and Multiple Stepwise Regression to predict carcass characteristics, carcass cuts, internal fat, viscera, loin eye area from body measurements of goats Boer mestizos.

2. MATERIAL AND METHODS

The experiment was carried out at the Pendência Experimental Station, belonging to the Paraíba State Agricultural Research Corporation (EMEPA-PB), located in the municipality of Soledade, micro-region of Cariri Paraibano, located between the geographical coordinates of 7° 8'18" South and 36° 27 '2 " latitude west of Greenwich, with an altitude of 534 m, the average temperature of 30 °C and average relative humidity of 70.13%.

The Animal Ethics Committee approved the study of the Federal University of Paraíba-UFPB, Brazil approved the study (Protocol number 2305/14). Were used 32 goats were used (16 males: 8 slaughtered at 70 days and 8 slaughtered at 100 days + 16 females: 8 slaughtered at 70 days and 8 at 100 days), crossbred Boer breed with native goats. The animals had average weights at birth of $3.11\text{kg} \pm 0.64$ (males) and $3.00\text{kg} \pm 0.76$ (females) for those slaughtered at 70 days and weights of $3.65\text{kg} \pm 0.71$ (males) and $3.25\text{kg} \pm 0.38$ (females), for those slaughtered at 100 days of age.

The diet was formulated according to the NRC (2007), aiming at a weight gain of 200 g / Day, with forage: concentrate ratio of 12:84, composed of Tifton grass hay (*Cynodon dactylon*), and the concentrates were composed of ground corn, soybean meal, finely ground, mineral supplement and calcitic limestone. The adaptation of the animals was made for 14 days, and the weight gain was carried out weekly. All experimental animals were selected one week before the first weaning (70 days). From 10 days of age, the pups received a complete diet ad libitum in their own troughs.

Before slaughter and after 16 hours of fasting, body weight was measured along with the biometric measurements of each animal: body length (BL), withers height (WH), croup height (CH), chest width (CW), croup width (CRW), croup perimeter (CRP), thoracic perimeter (TP), leg length (LL) and thigh circumference (TC). For all measurements, flexible tape fiberglass (Truper®) and a large caliper of 65 cm (Haglof®) were used. The BM was

expressed in cm so that it could be related to the composition of the carcass (Fernandes et al., 2010).

All goats were slaughtered the same day using standard commercial procedures following Brazilian welfare codes of practice (Brasil, 2000). Goats were fasted at the farm for 8 h and transported to an accredited slaughterhouse and were then weighed to obtain the slaughter body weight (SBW). At the slaughterhouse, goats had an 8 h rest period with full access to water but not to feed. Experimental animals were left unconscious by electrical stunning and slaughtered by bleeding. After slaughter, the carcasses were chilled at 4 °C in a refrigerated chamber, where they remained for 24 h hanging from hooks by the Achilles tendon with the metatarsal joints spaced 17 cm apart. The animals were subsequently skinned and eviscerated.

The hot carcass weight (HCW) was calculated following slaughter, with the carcass divided by the dorsal median line into two halves and refrigerated for a period of 24 h at 1°C. The gastrointestinal tract (GIT) was weighed both full and empty to determine the empty body weight (EBW). The kidneys and perirenal fat were removed and were subtracted from the HCW and cold carcass weight (CCW) (Cezar and Sousa, 2007). In the left half carcass, a cross-section between the 12th and 13th ribs was performed, exposing the cross-section of the *Longissimus Dorsi* muscle, whose area was dashed using a permanent marker with a 2.0 mm mean tip on a transparent plastic film to determine the loin eye area (LEA).

Subsequently, the carcasses were sectioned at the ischio-pubic symphysis, following the body and spinous apophysis of the sacrum, lumbar and dorsal vertebrae. Then, the carcass was submitted to a longitudinal cut. The left half-carcass was weighed. The half carcasses were sectioned in six anatomical regions that made up the commercial cuts: neck, palette, rib, loin, and ham, according to the methodology of Cezar and Sousa (2007). Then the individual weight of each cut was recorded to calculate its proportion concerning the sum of the reconstituted half carcass, thus obtaining the yield of the carcass cuts.

Mean, range, and variance (s.d.) and Pearson correlations were determined for all measurements as well as regression analyses. Regressions were developed with PROC REG of SAS (SAS Ver. 9.3, 2010). The biometric variables used in the development of the prediction equation. The equations were selected taking into account the model determination coefficient (R^2), the root means square error (RMSE), and the Cp statistic ($\frac{SQR}{\sigma^2} + 2p - n$) (Equation 1). The SQR is the residual mean square, σ^2 is the residual variance, p is the number of parameters in the model (including the intercept) and, n is the number of records.

According to MacNeil (1983), C_p relates R^2 and residual variance, and it is a more appropriate equation selection criterion than R^2 alone, allowing the identification of optimal subsets. The goal is to find the best model involving a subset of predictors. Hence, in general, a small value of C_p means that the model is relatively precise (Mallows, 1973). For regression analysis, the stepwise procedure was adopted, which aims to assess the statistical significance of the parameters of certain explanatory variables and includes only those that are relevant to a certain level of confidence.

The multiple regression analysis using the stepwise method was performed using the model: $Y = \alpha + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_n X_n + e$ (Equation 2), where Y is the dependent variable or response; carcass characteristics and carcass cuts; α is the intercept of the regression equation, β_1 , β_2 and β_n are regression coefficients of the variables X_1 , X_2 and X_n are the explanatory variables or morphological characteristics and e = residual random error.

Factor analysis based on principal components was used to summarize the set of original variables in latent independent variables (factors). The Kaiser-Meyer-Olkin test (KMO) test was used to assess the adequacy of factor analysis to the data set (Kaiser, 1974), and the most critical factors were extracted based on the method of Kaiser (1974), which considers for selection the eigenvalues higher than 1. The varimax orthogonal rotation was adopted, which seeks to improve the interpretability of the extracted factors.

The model used in the analysis was:

$$X_1 = a_{11}F_1 + a_{12}F_2 + \dots + a_{1m}F_m + \varepsilon_1$$

$$X_2 = a_{21}F_1 + a_{22}F_2 + \dots + a_{2m}F_m + \varepsilon_2$$

$$X_p = a_{p1}F_1 + a_{p2}F_2 + \dots + a_{pm}F_m + \varepsilon_p$$

The factorial model constituted by the factors $F_1, \dots, F_m$, $m \leq p$. Where: X_1 , X_2 and X_p = variables under study; a = factor loads; $F = F_1, F_2, \dots, F_m$ are the m uncorrelated factors, $\varepsilon = \varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_p$ are variables with means 0 and variance 1. Factorial analysis has been used in the morphological evaluation of goats, and mainly as a tool in the evaluation of the size and shape of the animals' bodies (Arandas et al., 2016; Yakubu et al., 2011).

Thus, the multiple regression analysis was also used to predict the carcass characteristics and cuts from the extracted factors, according to the model: $Y = \alpha + \beta_1 F_1 + \beta_2 F_2 + \dots + \beta_n F_n + e$ (Equation 4), where Y is the dependent/response variable; carcass characteristics and carcass cuts; α is the interception of the regression equation; β_1 , β_2 , and β_n

are regression coefficients of scores F_1 , F_2 and F_n are the explanatory variables or factors and e = residual random error.

3. RESULTS AND DISCUSSION

The internal fat presented the highest coefficient of variation (29.97%), followed by the viscera (22.20%) among the biometric, carcass, and weight measurements (Table 1). The variables LEA, neck, rib, and loin varied around 19%. Body length, leg length, withers height, rump height, rump circumference, thigh circumference, chest width, and rump width varied below 11% (Table 1).

Biometric measurements showed a high correlation with each other (Table 2) with a few exceptions; most of the correlations are above 50%. This also occurs with the weight of the carcass and cuts that showed a high correlation with biometric measurements (Table 3). CRW showed a correlation of 0.43 with HCW. However, with other weight, CRW showed a correlation that varied from 0.63 to 0.77. The croup perimeter, WH, CH, BL, and TP showed the highest correlations, with emphasis on BL with correlation ranging from 0.77 to 0.92 and TP ranging from 0.63 to 0.90.

These results suggest that producers who do not have a scale to weigh goats can estimate the live weight of their goats using biometric measures, that is, they can use a tape measure instead of a scale, a practice that is much easier to perform in field conditions and during the purchase and sale of the animals (Agamy et al., 2015).

The chest width showed a correlation ranging from 0.46 to 0.51 with the carcass weights at slaughter, the empty glass, hot carcass, and cold carcass) and from 0.42 to 0.51 with the weight of the cuts. The thigh circumference showed a correlation ranging from 0.47 to 0.56 with the carcass weights and from 0.35 to 0.51 with the weight of the cuts. Leg length, on the other hand, showed an inverse correlation (-0.32 to -0.63) with carcass and cut weights. Considering other carcass measures such as the weight of internal fat, which only correlated with LL (-0.54) and TP (0.35). The LEA and viscera weight correlated with all biometric measurements, except for the thigh circumference, and being inverse with the leg length. The weight of OFF did not show any correlation with CW and TC (Table 3).

Live weight was not included in the models as an independent measure since it varies considerably between carcasses of domestic animals (Fernandes et al., 2010; Hernandez-Espinoza et al., 2012; De Paula et al., 2013; Bautista- Dias et al., 2017). There is a significant relationship between BM and the live weight of animals (Assan 2013), thus allowing breeders to make more informed selection decisions. This direct relationship between body weight and

BM in goats is reported by Mahieu et al. (2011), Souza et al. (2014) and Tesema et al. (2019). Therefore, the best results are obtained when other BMs are included in the predictive model. Tesema et al. (2019) observed that the bodyweight of crossbred Boer goats showed a high correlation with TP (0.94) and BL (0.91).

The moderate to high correlation value implies that BM can be used as an indirect selection criterion to improve meat production (Agamy et al., 2015; Tesema et al., 2019). Therefore, the buyer of live goats can predict the weight of the characteristics and first cuts of the carcass from BM.

It was observed that in the prediction equations as the number of variables increases, the R^2 value increases, and the Cp decreases as well as the RMSE decreases (Tables 4 and 5). Although there are divergences in the literature in deciding which individual variable is the most suitable to be used in the prediction of animal carcasses, the accuracy of the prediction has been improved especially when more than one variable is considered in the model, that is, the inclusion of several variables produce an increase in the precision of the estimates obtained.

The CW, BL, TP, CRP, and CRW are the biometric measures that best fit the prediction equations of the SBW, EBW, HCW, and CCW where the R^2 value was 0.92; 0.94; 0.70 and 0.94 and the Cp value was 4.05; 3.54; 1.26 and 2.34, respectively (Table 4). The LEA and the viscera had in their prediction equations only the thoracic perimeter with $R^2 = 0.51$ and 0.73 and $Cp = 1.85$ and 1.31 , respectively. The equations for predicting the weight of the rib, loin, shoulder, and ham were better adjusted, as they presented high R^2 and the Cp remained close to the number of variables included in the model. The palette weight prediction equation presented $R^2 = 0.90$, $Cp = 6.22$, and presented in its model 6 BM a value similar to that of Cp (Table 5). The biometric measurements that best fit the cut weight prediction equations were: CW, WH, BL, LL, CRP, TP, TC, and CH.

Several studies have demonstrated a direct relationship between body weight and BM in goats (Mahieu et al., 2011; Souza et al., 2014). There is a significant relationship between BM, which can be used to estimate the liveweight and carcass characteristics due to the practicality of the method, so the best results are obtained when other BM are included in the predictive model (Assan et al., 2013), thus allowing breeders to make selection decisions. These results suggest that breeders who do not have a scale to weigh goats can estimate live weight using morphometric measurements, that is, they can use a tape measure instead of a scale (Tesema et al., 2019).

The selection of variables in the stepwise regression analysis was performed by calculating Mallows' Cp, which is a measure of the forecast equation (Mallows, 1973). This method provides a single combination of variables for each equation. The model size and the fit criteria (R^2 and RMSE) are fixed, as the ideal Cp value must be close to the number of variables involved in the model (Laville, Martin, Bastien, 1996).

Multiple regression analysis has been used to interpret complex relationships between liveweight and BM. A fundamental step in the construction of a multiple regression model for predictive purposes is to determine the variables that best contribute to the response variable, with the elimination of non-significant variables ($P > 0.05$) (Yakubu et al., 2012).

The data presented an index for the KMO test of 0.80, demonstrating the adequacy of the factor analysis. For Hair Júnior et al. (2014), the acceptable values of adequacy are between 0.5 to 1.0; therefore, below 0.5 indicates that the factor analysis is inadequate. Kaiser (1974) indicates that, for the adequacy of fit of a factor analysis model, the KMO value must be greater than 0.8.

Through factor analysis, it was possible to observe that the first factor extracted by the method of Kaiser (1974), was responsible for accumulating 62% of the total variance of the studied characteristics (Table 6), that is, most of the variation was explained with the first factor, with reduced sample space. Gomes et al. (2013), when evaluating the carcass characteristics of five genetic groups of goats in Brazil, selected the first four factors that explained 77.2% of the total variance of the data.

Communalities ranged from 0.16 to 0.85, with chest width, thigh circumference, and leg length being the variables with less commonality and the croup width, croup perimeter, withers height, croup height, length of body and thoracic perimeter of more significant commonality, to explain the total variability of the extracted factors (Table 6). Communality is an index of total variability and indicates how much a given variable contributed to the total variation of the factors considered (Morrison, 1976), with 0.5 being the minimum acceptable value. Lower values of commonality are indicative of a low correlation between original variables evaluated and non-adequacy to the model. In our study, most variables showed high commonality; therefore, the characteristics used to evaluate the carcass characteristics and weight of the cuts demonstrate the adequacy in the analysis.

Factor loads or eigenvectors (weights) represent the correlation between the original variables and the factors. Thus the more significant, the higher the factor load of a variable, more significant the correlation with a given factor (Hair Júnior et al., 2009). Croup width, croup perimeter, withers height, croup height, body length, and chest circumference were the

variables with the highest factor load and inversely related to factor 1 (Table 6). These variables showed correlations of moderate to high magnitude (Tables 2 and 3). The thoracic perimeter, body length, withers, and croup height are the primary BM that constitutes an essential database for the evaluation of animals (Souza et al., 2014). Since these measures indicate the carcass yield and the digestive and respiratory capacity of the animals and in the genetic improvement can be used in indirect selection for body weight.

Independent factor scores were used to predict live weight, carcass characteristics, and the weight of primary cuts of Boer crossbred goats (Table 7). This study demonstrated that the variation explained by the morphological variables (Tables 4 and 5) was smaller since the C_p was higher, already in the use of orthogonal variables (Table 7) to predict live weight, carcass characteristics and cut weight, the explained variation was more significant and C_p less. Evaluating the adjustment measures, it is observed that the values of the determination coefficient (R^2) are high for some prediction equations, indicating a good correlation of the dependent variable with the independent ones. Thus the model has a high explanation for the value variability of y . The use of morphological variables should be treated with caution since multicollinearity is associated with unstable estimates of the regression coefficients (Ogah, 2011). The use of orthogonal characteristics provides a better and reliable assessment of liveweight and carcass characteristics, as it is capable of breaking multicollinearity; it is a problem associated with the use of biometric measures of the animals' bodies (Yakubu et al., 2009; Ogah, 2011 and Yakubu et al., 2012), while Tesema et al. (2019) working with a prediction with original and orthogonal characteristics observed that the variation explained by the interdependent explanatory variables was superior to the use of orthogonal characteristics for live weight, carcass characteristics, and forecast of the primary cut weight of the Boer goat carcass.

4. CONCLUSION

The high correlations between the morphological characteristics of the animals with the body weight, the performance characteristics, non-carcass constituents and primary commercial cuts obtain the adequacy of morphological characteristics as criteria for early selection of the body weight of goats and their carcass characteristics, before slaughter.

The use of multivariate models, based on morphometric measures that express the carcass yield and the productive capacity of the animals, can contribute to the indirect

selection for body weight and support programs of genetic improvement and commercialization of crossbred Boer goats.

5. REFERENCES

- Abbad, G., & Torres, C. V. 2002. Regressão múltipla stepwise e hierárquica em Psicologia Organizacional: aplicações, problemas e soluções. *Estudos de Psicologia (Natal)*, 7(spe), 19-29.
- Abdel-Mageed, I. & Ghanem N. 2013. Predicting body weight and longissimus muscle area using body measurements in subtropical goat kids. *Egyptian Journal of Sheep and Goat Sciences*, 8, 95-100.
- Afolayan, R. A., Adeyinka, I.A., & Lakpini, C.A.M. 2006. The estimation of live weight from body measurements in Yankasa sheep. *Czech Journal of Animal Science*. 51, 343-348.
- Agamy, R., Abdel-Moneim, A.Y., Abd-Alla, M.S., Abdel-Mageed, I.I., & Ashmawi, G.M. 2015. Using Linear Body Measurements to Predict Body Weight and Carcass Characteristics of Three Egyptian Fat-Tailed Sheep Breeds. *Asian Journal of Animal and Veterinay Advances*, 10, 335-344.
- Arandas, J.K.G., Silva, N.V., Nascimento, R.B, Pimenta-Filho, E.C., Brasil, L.H.A., & Ribeiro, M.N., 2016. Multivariate analysis as a tool for phenotypic characterization of an endangered breed. *Journal of Applied Animal Research*, 45, 152-158.
- Assan, N. 2013. Bioprediction of body weight and carcass parameters from morphometric measurements in livestock and poultry. *Scientific Journal Review* 2: 140–150.
- Bautista-Díaz, E., Salazar-Cuytun, R., Chay-Canul, A. J., Herrera, R. A. G., Piñeiro-Vázquez, A.T., Monforte, J. G. M., Tedeschi, L. O., Cruz-Hernández, A., & Gómez-Vázquez, A. 2017. Determination of carcass traits in Pelibuey ewes using biometric measurements. *Small Ruminant Research*, 147, 115-119.
- Bingol, M., Gokdal, O., Aygun, T., Yilmaz, A., & Daskiran, I. 2011. Some productive characteristics and body measurements of Norduz goats of Turkey. *Tropical Animal Health and Production*, 44, 545-550.
- Boggs D.L.. & Merkel R.A. 1993. *Live Animal Carcass Evaluation and Selection Manual* (4th Ed.). Kendall and Hunt Publishing Company, Dubuque, IA. Cited by Corral de Mesta et al., 2004. *The Texas Journal of Agriculture and Natural Resource*, 17, 46-52.
- Brasil, Ministério da Agricultura, Instrução Normativa nº 3, de 07 de janeiro de 2000, Regulamento técnico de métodos de insensibilização para o abate humanitário de

- animais de açougue. Diário Oficial da União, Brasília, p,14-16, 24 de janeiro de 2000, Seção I.
- Cézar, M. F., & Sousa, W. H. 2007. Carcaças ovinas e caprinas: obtenção-avaliação-classificação. Uberaba: Agropecuária Tropical.
- De Paula, N. F., Tedeschi, L. O., Paulino, M. F., Fernandes, H. J., & Fonseca, M. A. 2013. Predicting carcass and body fat composition using biometric measurements of grazing beef cattle. *Journal of Animal Science*, 91, 3341–3351.
- Fernandes, H. J., Tedeschi, L. O., Paulino, M. F., & Paiva, L. M. 2010. Determination of carcass and body fat compositions of grazing crossbred bulls using body measurements. *Journal of Animal Science*, 88, 1442–1453.
- Festing, M.F.W., & Altman, D. G. 2002. Guidelines for the Design and Statistical Analysis of Experiments Using Laboratory Animals. *ILAR Journal*, 43, 244–258.
- Gomes, H. F. B., Gonçalves, H.C., Polizel Neto, A., Cañizares, G.I.L., Roça, R.O., Marques, R.O., Oliveira, J.M., & Queiroz, E.O. 2013. Common factors method to predict the carcass composition tissue in kid goats. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 42, 193-203.
- Hair Júnior, J.F., Black, W.C., Babin, B.J., & Anderson, R.E. 2014. *Multivariate Data Analysis*. 7ª ed. United States of America: Pearson, 2014.
- Hair Júnior, J.F., Tatham, R.L., Anderson, R.E., & Black, W.C. 2009. *Análise multivariada de dados*. 6. ed. Porto Alegre: Bookman.
- Hernandez-Espinoza, D. F., Oliva-Hernández, J., Pascual-Córdova, A., & Hinojosa-Cuéllar, J. A. 2012. Descripción de medidas corporales y composición de la canal en corderas Pelibuey: Estudio preliminar. *Revista Científica*, 22, 24–31.
- Kaiser, H. F. 1974. An index to factorial simplicity. *Psychometrika*, 39, 31-36
- Laville, E., Martin, V., & Bastien, O. 1996. Prediction of composition traits of young Charolais bull carcasses using a morphometric method. *Meat Science*, 44, 93-104.
- MacNeil, M.D. 1983. Choice of a prediction equation and the use of the selected equation in subsequent experimentation. *Journal of Animal Science*, 57, 1328-1336.
- Mahieu, M., Naves, M., & Arquet, R. 2011. Predicting the body mass of goats from body measurements. *Livestock Research for Rural Development* 23.
- Mallows, C.L. 1973. Some comments on C_p . *Technometrics*, 15, 661–675
- Morrison D.F. 1976. *Multivariate statistical methods*. 2nd ed. New York: McGraw-Hill Company.
- National Research Council – NRC. 2007. *Nutrient requirements of small ruminants*. 7.ed. Washington: National Academic Press.

- Ogah, D.M, Yusuf, N.D., & Ari, M. M. 2011. Path coefficient model for assessment of weight using linear traits at birth and at weaning in Nigeria indigenous pig. In Proc. Of 34th conf. Of Tanzania soc. Of Anim. Prod.
- Ricardo, H. L., Roça, R. O., Lambre, N. R., Seno, L. O., Fuzikawa, I. H., & Fernandes, A. R. M. 2016. Prediction of weight and percentage of salable meat from Brazilian market lambs by subjective conformation and fatness scores. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 45, 639-644
- Shrestha, J.N.B., Heawey, D.P., Fisher, P.S., & Lanroord, G.A. 1984. Influence of breed, birth date, age and body weight on linear measurements of growing rams maintained in a controlled environment. *Canadian Journal of Animal Science*, 64, 279-291.
- Souza, D. S., Silva, H. P., Carvalho, J. M. P., Melo, W. O., Monteiro, B. M., & Oliveira, D. R. 2014. Growth of Santa Inês lambs until weaning and relationship between biometric measurements and body weight, when raised in the Amazonia climate *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 66, 1787-1794.
- Tabachnick, B. G., & Fidell, L. S. 2001. Principal components and factor analysis. In B. G. Tabachnick & L. S. Fidell, *Using multivariate statistics*. (4th ed.). Needham Heights, MA, Allyn & Bacon.
- Tesema, Z., Tilahun, M., Zegeye, A., & Yizengaw, L. 2019. Statistical modeling of carcass traits, primal carcass cuts, body weight, and morphological traits of pure Central Highland and crossbred Boer goats. *Journal of Applied Animal Science*, 12:39-55
- Yakubu, A., & Mohammed, G.L. 2012. Application of path analysis methodology in assessing the relationship between body weight and biometric traits of red Sokoto goat in Northern Nigeria. *Biotechnology in Animal Husbandry*, 28, 101-117.
- Yakubu, A., Idahor, K. O., & Agade, Y. I. 2009. Using factor scores in a multiple linear regression model for predicting the carcass weight of broiler chickens using body measurements. *Revista Científica UDO Agrícola*, 9, 963-967.
- Yakubu, A., Salako, A.E., & Abdullah, A.R. 2011. Varimax rotated principal component analysis of the zoometrical traits of Uda sheep. *Archivos de Zootecnia*, 60, 813-816.

Table 1. Descriptive analyses of the data measured on the live animal

Variables	$\mu \pm sd$	CV (%)	Maximum	Minimum
<i>Biometric measurements (cm)</i>				
Body lenght	50,81 $\pm$ 3,75	7,37	60,00	43,00
Leg lenght	48,63 $\pm$ 5,18	10,65	57,00	38,00
Withers height	48,91 $\pm$ 4,53	9,27	58,00	40,00
Croup height	47,13 $\pm$ 3,91	8,29	55,00	40,00
Thoracic perimeter	48,41 $\pm$ 9,15	18,91	62,00	37,00
Croup perimeter	39,41 $\pm$ 3,75	9,51	45,00	32,00
Thigh circumference	29,47 $\pm$ 2,21	7,51	37,00	26,00
Chest width	10,81 $\pm$ 0,64	5,96	12,00	10,00
Croup width	12,65 $\pm$ 1,04	8,18	14,00	11,00
<i>Carcass measurement (kg)</i>				
Slaughter body weight	16,23 $\pm$ 2,53	15,57	21,70	11,60
Empty body weight	13,48 $\pm$ 2,02	14,97	17,89	10,03
Hot carcass weight	7,91 $\pm$ 1,40	16,39	19,50	10,50
Cold carcass weight	7,50 $\pm$ 1,27	16,99	10,30	5,40
Internal fat	2,58 $\pm$ 0,77	29,97	4,09	1,05
LEA	5,64 $\pm$ 1,13	19,97	8,44	4,01
Viscera	3,15 $\pm$ 0,70	22,20	4,49	2,21
Waste parts of the carcass	5,55 $\pm$ 0,93	16,82	7,49	3,95
<i>Cuts</i>				
Neck	0,460 $\pm$ 0,09	19,04	0,65	0,29
Pallette	0,780 $\pm$ 0,11	14,92	1,02	0,57
Rib	0,960 $\pm$ 0,18	19,11	1,40	0,58
Loin	0,410 $\pm$ 0,08	19,76	0,60	0,28
Ham	1,230 $\pm$ 0,20	16,07	1,70	0,85

Table 2. Pearson's correlation of biometric measurements of crossbred Boer goats

Variable	CRW	CRP	WH	CH	BL	LL	TP	TC
Chest width – CW	0,43*	0,39*	0,19	0,24	0,33	-0,16	0,28	0,18
Croup width – CRW	1,00	0,85*	0,67*	0,70*	0,69*	-0,60*	0,71*	0,24
Croup perimeter - CRP		1,00	0,67*	0,72*	0,76*	-0,60*	0,77*	0,39*
Withers height – WH			1,00	0,90*	0,88*	-0,46*	0,83*	0,37*
Croup height - CH				1,00	0,91*	-0,49*	0,81*	0,44*
Body length - BL					1,00	-0,44*	0,83*	0,53*
Leg length - LL						1,00	-0,70*	-0,20
Thoracic perimeter - TP							1,00	0,34
Thigh circumference – TC								1,00

* significativo a 5%

Table 3. Pearson's correlation of biometric measurements, carcass characteristics and cuts of Boer crossbred goats

Variables	EBW	SBW	HCW	CCW	Neck	Pallete	Rib	Loin	Ham	IF	LEA	VISC	OFF
Chest width	0,46*	0,50*	0,49*	0,51*	0,46*	0,47*	0,43*	0,42*	0,51*	0,15	0,44*	0,35*	0,29
Croup width	0,77*	0,76*	0,43*	0,77*	0,63*	0,70*	0,65*	0,72*	0,76*	0,18	0,58*	0,72*	0,46*
Croup perimeter	0,84*	0,86*	0,51*	0,83*	0,69*	0,77*	0,62*	0,83*	0,82*	0,27	0,66*	0,76*	0,55*
Withers height	0,85*	0,81*	0,61*	0,81*	0,71*	0,82*	0,59*	0,74*	0,78*	-0,05	0,56*	0,70*	0,35*
Croup height	0,87*	0,82*	0,67*	0,82*	0,64*	0,80*	0,73*	0,76*	0,77*	0,06	0,51*	0,76*	0,43*
Body length	0,92*	0,90*	0,77*	0,91*	0,73*	0,88*	0,76*	0,84*	0,90*	0,11	0,63*	0,73*	0,51*
Leg length	-0,55*	-0,57*	-0,32	-0,55*	-0,53*	-0,38*	-0,49*	-0,63*	-0,51*	-0,54*	-0,54*	-0,68*	-0,66*
Thoracic perimeter	0,89*	0,90*	0,63*	0,88*	0,64*	0,84*	0,64*	0,85*	0,84*	0,35*	0,72*	0,86*	0,69*
Thigh circumference	0,47*	0,50*	0,56*	0,50*	0,39*	0,51*	0,35	0,48*	0,51*	0,14	0,35	0,33	0,32

* significativo a 5%; Empty body weight = EBW; Slaughter body weight = SBW; Hot carcass weight =HCW; Cold carcass weight = CCW; internal fat =IF; Loin eye area (LEA); Viscera = VISC; Waste parts of the carcass = OFF.

Table 4 Prediction equations for carcass characteristics based on original morphological characteristics of crossbred Boer

NºEq.	Equation	Cp	R ²	RMSE	P-value
Slaughter body weight (SBW)					
1	SBW=-15,15(±2,52)+0,62(±0,05)BL	25,73	0,83	1,03	<.0001
2	SBW=-9,07(±2,74)+0,39(±0,08)BL+0,11(±0,03)TP	11,45	0,88	0,87	<.0001
3	SBW=-14,64(±3,02)+0,70(±0,23)CW+0,35(±0,07)BL+0,11(±0,03)TP	4,05	0,92	0,77	<.0001
Empty body weight (EBW)					
1	EBW=-11,26(±2,14)+0,49(±0,04)BL	54,28	0,82	0,88	<.0001
2	EBW=-11,46(±1,72)+0,22(±0,05)CRP+0,32(±0,05)BL	25,03	0,89	0,70	<.0001
3	EBW=-7,37(±2,00)+0,16(±0,05)CRP+0,22(±0,06)BL+0,07(±0,02)TP	13,97	0,92	0,62	<.0001
4	EBW=-11,49(±2,02)+0,57(±0,16)CW+0,12(±0,04)CRP+0,20(±0,05)BL+0,08(±0,02)TP	3,54	0,94	0,52	<.0001
Hot carcass weight (HCW)					
1	HCW=-17,19(±3,81)+0,50(±0,07)BL	6,42	0,59	1,56	<.0001
2	HCW=-24,92(±4,95)+0,98(±0,43)CW+0,44(±0,07)BL	3,28	0,65	1,44	<.0001
3	HCW=-24,86(±4,67)+1,25(±0,43)CW-0,73(±0,35)CRW+0,56(±0,09)BL	1,26	0,70	1,38	<.0001
Cold carcass weight (CCW)					
1	CCW=-8,27(±1,29)+0,31(±0,03)BL	36,33	0,83	0,53	<.0001
2	CCW=-5,21(±1,42)+0,20(±0,03)BL+0,06(±0,02)TP	19,55	0,88	0,45	<.0001
3	CCW=-8,77(±1,42)+0,45(±0,11)CW+0,17(0,03)BL+0,06(0,01)TP	3,99	0,93	0,36	<.0001
4	CCW=-8,99(±1,34)+0,40(±0,10)CW+0,06(±0,03)CRP+0,15(±0,03)BL+0,04(±0,01)TP	2,34	0,94	0,34	<.0001
Internal fat					
1	IF=6,48(±1,12)-0,08(±0,02)LL	8,74	0,29	0,66	0,0014
2	IF=10,89(±2,16)-0,06(±0,03)WH-0,11(±0,02)LL	4,94	0,40	0,61	0,0006
3	IF=-9,46(±1,96)-0,16(±0,04)WH-0,05(±0,03)LL+0,08(±0,02)TP	-0,87	0,55	0,54	<.0001
Loin eye area (LEA)					
1	LEA=1,38(0,77)+0,09(±0,02)TP	1,85	0,51	0,80	<.0001
Waste parts of the carcass (OFF)					
1	OFF=2,15(±0,66)+0,07(±0,01)TP	10,33	0,47	0,69	<.0001
2	OFF=6,41(±1,33)-0,15(±0,04)WH+0,13(0,02)TP	0,83	0,63	0,59	<.0001
Viscera and organs (VISC)					
1	VISC=-0,03(±0,35)+0,07(±0,007)TP	1,31	0,73	0,36	<.0001

Regression coefficient RMSE, R², Cp, and p-value are updated with respect to a new independent variable to the prediction equation, the new independent variable is additionally in respect to the Cp ≈ p independent variables, and Root-mean square error, and Cumulative R². Body length – BL; Thoracic perimeter – TP; Croup width – CW; Croup perimeter = CRP; Chest width = CW; Withers height – WH; Leg length – LL

Table 5. Prediction equations for carcass cuts based on original morphological characteristics of crossbred Boer

NºEq.	Equation	Cp	R ²	RMSE	P-value
1	Neck=0,407(±0,149)+0,017(±0,003)BL	15,55	0,53	0,06	<.0001
2	Neck=-0,674(±0,197)+0,033(±0,017)CW+0,015(±0,003)BL	12,44	0,59	0,06	<.0001
3	Neck=-0,33(±0,25)+0,03(±0,02)CW+0,01(±0,003)BL-0,004(±0,002)LL	9,52	0,64	0,05	<.0001
4	Neck=-0,38(±0,25)+0,04(±0,02)CW+0,007(±0,005)WH+0,005(±0,006)BL-0,004(±0,002)LL	8,76	0,67	0,05	<.0001
1	Rib=-0,924(±0,297)+0,04(±0,006)BL	6,87	0,57	0,12	<.0001
2	Rib=-1,383(±0,400)+0,06(±0,004)CW+0,003(±0,006)BL	5,86	0,61	0,12	<.0001
3	Rib=-0,827(±0,531)+0,06(±0,03)CW+0,03(±0,006)BL-0,007(±0,004)LL	4,50	0,64	0,11	<.0001
1	Loin=0,047(±0,04)+0,008(±0,0009)TP	12,78	0,72	0,04	<.00001
2	Loin =-0,180(±0,08)+0,009(±0,003)CRP+0,005(±0,001)TP	3,64	0,80	0,04	<.0001
3	Loin =-0,354(±0,119)+0,008(±0,003)CRP+0,006(±0,003)BL+0,003(±0,001)TP	2,29	0,82	0,04	<.0001
1	Pallete=-0,61(±0,14)+0,03(±0,003)BL	27,76	0,78	0,06	<.0001
2	Pallete =-0,37(±0,16)+0,02(±0,005)BL+0,004(±0,002)TP	20,87	0,81	0,05	<.0001
3	Pallete =-0,65(±0,19)+0,03(±0,01)CW+0,02(±0,004)BL+0,004(±0,001)TP	14,69	0,84	0,05	<.0001
4	Pallete =-0,93(±0,20)+0,04(±0,01)CW+0,01(±0,004)BL+0,006(±0,002)LL+0,008(±0,002)TP	8,75	0,88	0,04	<.0001
5	Pallete =-1,02(±0,20)+0,04(±0,01)CW+0,009(±0,004)BL+0,007(±0,002)LL+0,009(±0,002)TP+0,008(±0,004)TC	7,20	0,89	0,04	<.0001
6	Pallete=1,10(±0,20)+0,03(±0,01)CW+0,006(±0,003)CRP+0,006(±0,004)BL+0,008(±0,002)LL+0,009(±0,002)TP+0,008(±0,004)TC	6,22	0,90	0,04	<.0001
1	Ham=-1,178(±0,214)+0,05(±0,004)BL	24,60	0,81	0,09	<.0001
2	Ham =-1,75(±0,259)+0,07(±0,02)CW+0,04(±0,004)BL	12,95	0,86	0,08	<.0001
3	Ham =-1,66(±0,24)+0,06(±0,02)CW+0,01(±0,005)CRP+0,03(±0,005)BL	7,20	0,89	0,07	<.0001
4	Ham =-1,624(±0,233)+0,05(±0,02)CW+0,02(±0,0005)CRP-0,01(±0,008)CH+0,04(±0,008)BL	6,42	0,90	0,07	<.0001
5	Ham =-1,346(±0,255)+0,06(±0,02)CW+0,01(±0,005)CRP-0,02(±0,007)CH+0,04(±0,008)BL+0,005(±0,003)TP	4,25	0,91	0,06	<.0001

*Regression coefficient RMSE, R², Cp, and p-value are updated in respect to a new independent variable to the prediction equation, the new independent variable is additionally in respect to the Cp ≈ p independent variables, and 4Root-mean-square error, and Cumulative R. Body length – BL; Thoracic perimeter – TP; Croup width – CW; Croup perimeter = CRP; Chest width = CW; Withers height – WH; Leg length – LL; Thigh circumference – TC; Croup height – CH;

Table 6. Eigenvalue, total variance, commonality, and loadings factor after varimax rotation with Kaiser Normalization in crossbred goats Boer

Variable	Principal component	Commonality
Chest width	-0,399289	0,159432
Croup width	-0,850160	0,722773
Croup perimeter	-0,885436	0,783998
Withers height	-0,886045	0,785076
Croup height	-0,911650	0,831106
Body length	-0,924580	0,854848
Leg length	0,666369	0,444048
Thoracic perimeter	-0,917226	0,841303
Thigh circumference	-0,488915	0,239038
Eigenvalue	5,661621	-
Total variance (%)	62,9069	-

Table 7. Prediction equations for carcass characteristics and cuts based on orthogonal characteristics of crossbred Boer

NºEq.	Equation	Cp	R ²	RMSE	P-value
Slaughter body weight (SBW)					
1	=16,23(±0,14)-1,00(±0,06)PC	2,00	0,90	0,80	<.0001
Empty body weight (EBW)					
1	EBW=13,48(±0,12)-0,80(±0,05)PC	2,00	0,89	0,67	<.0001
Hot carcass weight (HCW)					
1	HCW=7,91(±0,31)-0,70(±0,13)PC	2,00	0,49	1,75	<.0001
Cold carcass weight (CCW)					
1	CCW=7,50(±0,08)-0,50(±0,03)PC	2,00	0,88	0,44	<.0001
Neck					
1	Neck=0,460(±0,01)-0,03(±0,004)PC	2,00	0,59	0,06	<.0001
Pallette					
1	Pallette=0,785(±0,01)-0,04(±0,004)PC	2,00	0,78	0,06	<.0001
Loin					
1	Loin=0,412(±0,006)-0,03(±0,009)PC	2,00	0,80	0,04	<.0001
Ham					
1	Ham=1,23(±0,01)-0,179(±0,01)PC	2,00	0,83	0,08	<.0001
Rib					
1	Rib=0,960(±0,02)-0,06(±0,009)PC	2,00	0,56	0,12	<.0001
Waste parts of the carcass (OFF)					
1	OFF=5,55(±0,13)-0,23(±0,06)PC	2,00	0,36	0,76	0,0003
Viscera and organs (VISC)					
1	VISC=3,15(±0,07)-0,25(±0,03)PC	2,00	0,73	0,38	<.0001
Loin eye area (LEA)					
1	LEA=5,64(±0,14)-0,33(±0,06)PC	2,00	0,50	0,81	<.0001

*Regression coefficient RMSE, R², Cp, and p-value are updated with respect to a new independent variable to the prediction equation, the new independent variable is additionally in respect to the Cp ≈ p independent variables, and 4Root-mean-square error, and Cumulative R². Principal component = PC

APÊNDICE B

USE OF CANONICAL DISCRIMINANT ANALYSIS ON THE CHARACTERIZATION OF GOAT CARCASS: A MULTIVARIATE VISION

Use of canonical discriminant analysis on the characterization of goat carcass: a multivariate vision

ABSTRACT

The objective of this work was to identify which characteristics of the carcass and commercial cuts have the best discriminatory power, according to sex and weight at the slaughter of goats, through discriminant analyzes. 32 goats (16 males and 16 females) were used, with an initial average weight of 3.09 kg, slaughtered at 70 and 100 days. The data were subjected to canonical discriminant analysis to verify possible differences between treatments (sex of animals and slaughter weights). For the selection of variables with greater discriminatory power, the stepwise method was used to compose the discriminant function. In the total of 18 primary variables evaluated, 8 variables were included in the discriminant model: empty body weight, chest depth, chest width, thigh circumference, neck, loin, leg length and croup width, the variable with the greatest discriminatory power between treatments, selected through standardized canonical coefficients in order of importance, was the animal's loin, also selected for presenting the greatest discriminatory power, by the stepwise method.

Keywords: Canonical variable. Commercial cuts. Carcass yields. *Mahalanobis*. Suckling kids.

1. INTRODUCTION

In the meat production system, the carcass qualitative and quantitative characteristics are essential, as they are directly related to the final product. Some authors call attention to the influence of factors such as breed, genotype, slaughter weight, sex, and age of the animal on these characteristics (Costa et al., 2010; Coelho et al., 2016). There is a need to offer the market a product with an excellent conformation carcass, a high proportion of muscles, and an adequate amount of intramuscular fat (Sousa et al., 2009).

Carcass measurements are essential because they allow comparisons between races, weights, and ages of the slaughtered body, feeding systems, and correlations with other measurements or tissues that make up the carcass, allowing to estimate its characteristics (Silva and Pires, 2000). Carcass evaluation studies are generally done considering a large number of characteristics, and some are redundant (Barbosa et al., 2005), making it difficult to interpret through univariate analysis. Thus, multivariate analysis techniques are shown as extremely efficient alternatives when the situation requires a combination of multiple information from an experimental plot (that is, from an observational vector), in order to associate or predict biological phenomena based on a complex of essential variables for the development of the experimental plan (Dillon and Goldstein, 1984).

Thus, a better interpretation of the data set can be obtained through multivariate analysis techniques, as they are more appropriate for the study of a set of correlated variables that will be analyzed simultaneously.

Canonical discriminant analysis is a multivariate technique for reducing the dimensionality of data similar to the principal component technique and canonical correlation analysis. However, this technique is a specialty of discriminant analysis and is used to represent several populations in a small subspace (Guedes et al., 2018). Some studies have already been carried out using the discriminant analysis with carcass characteristics of other species (Almeida et al., 2015), sheep carcass characteristics (Paim et al., 2013; Notter et al., 2014; Camacho et al., 2015) however, work with goats is still scarce, mainly in order to identify the essential variables that discriminate groups according to the sex and age of the animals. Thus, the objective of this work was to identify which carcass and cut characteristics have the best discriminatory power between genders and weights when slaughtering suckling kids, through discriminant analysis.

2. MATERIAL AND METHODS

2.1 *Local of the experiment*

The experiment was carried out at the Pendência Experimental Station, belonging to the Paraíba State Agricultural Research Corporation (EMEPA-PB), located in the municipality of Soledade, micro-region of Cariri Paraibano, located between the geographical coordinates of 7° 8 '18" South and 36° 27 '2 "latitude west of Greenwich, with an altitude of 534 m, the average temperature of 30 °C and average relative humidity of 70.13%.

2.2 *Animals*

The Animal Ethics Committee of the Federal University of Paraíba (UFPB) approved this study, Brazil. It was used 32 goats (16 males: 8 slaughtered at 70 days and eight slaughtered at 100 days + 16 females: 8 slaughtered at 70 days and eight at 100 days), crossbred Boer breed with local goats. The animals had average weights at the birth of $3.11\text{kg} \pm 0.64$ (males) and $3.00\text{kg} \pm 0.76$ (females) for those slaughtered at 70 days and weights of $3.65\text{kg} \pm 0.71$ (males) and $3.25\text{kg} \pm 0.38$ (females), for those slaughtered at 100 days of age.

The animals were initially identified, weighed, and treated against ecto and endoparasites and vaccinated against clostridia is, then they were distributed in individual stalls with free access to drinking fountains and feeders. The adaptation of the animals was made for 14 days, and the weight gain was carried out weekly. All experimental animals were selected one week before the first weaning, taking into account the type of birth (single, double, and triple) and live weight to prevent these effects from influencing the evaluated characteristics.

2.3 *Diet*

From 10 days of age, the pups received a complete diet ad libitum in private troughs. The diet was formulated according to the NRC (2007), aiming at a weight gain of 200 g / day. In a 48:52 roughage: concentrate ratio, using Tifton grass hay (*Cynodon dactylon*), and the concentrates were composed of corn and soybean meal (Table 1). The offspring were fed with breast milk and creep feeding until 70 days of age (Table 1). When they reached 70 days, the offspring of this group were weighed, their body score was recorded and sent for slaughter. After 70 days, the other animals that remained in the system started a different management, being released with their respective mothers, having access to paddocks with native pasture and multinutritional blocks. In the afternoon, when they returned to the facilities, they received hay from Tifton grass (*Cynodon dactylon*) and concentrated in a 48% roughage ratio:

52%: concentrated, until they reach 100 days, time of slaughter. The concentrate consisted of corn bran (36%), soybean meal (12%), soybean oil (2%), mineral salt and limestone (2%).

2.4 Carcass slaughter and evaluation

When the animals reached the established period, they were weighed to obtain the final live weight. Subsequently, they were subjected to a solid fast of 16 hours and weighed to obtain body weight at slaughter (BWS).

The slaughter was carried out under the current rules of RIISPOA (Brazil, 2000): the animals were stunned by a captive dart pistol, by stunning in the atlantooccipital region followed by bleeding, for four minutes, by the carotid and jugular sections. The blood sample was collected in a previously tared container for later weighing.

After skinning and evisceration, the head (section in the atlantooccipital joint) and legs (section in the metacarpal and metatarsal joints) were removed, and the hot carcass weight (HCW) was recorded. After obtaining the HC, the carcasses were taken to the cold chamber, with an average temperature of 4 °C, where they remained for 24 hours suspended on hooks by the tendon of the gastrocnemius muscle, and subsequently, the cold carcass weight (CCW) was obtained, according to methodology Cezar and Sousa (2007). With these weighings, it was possible to calculate hot carcass yield [$HCY = \frac{HCW}{BWS} \times 100$], cold carcass yield [$RCF = \frac{CCW}{BWS} \times 100$], and cooling loss [$CL (\%) = \frac{(HCW-CCW)}{HCW} \times 100$].

The gastrointestinal tract (GIT) was weighed full (GITF) and empty (GITE) to determine the weight of the empty body (EBW), using the following formula: $EBW = BWS - [(GITF-GITE) + \text{urine} + \text{bile juice}]$, whose variable is the basis for the calculation of actual or biological yield [$BY(\%) = HCW/EBW \times 100$].

Objective assessments consisted of morphometric measurements: external carcass length (ECL); internal carcass length (ICL); leg length (LEL); chest width (CHW); croup width (CRW); thigh perimeter (THP); croup perimeter (CRP); chest perimeter (CHP); chest depth (CHD); internal chest depth (ICD) using the hypometer and flexible tape (Truper®).

Subsequently, the carcasses were sectioned at the ischio-pubic symphysis, following the body and spinous apophysis of the sacrum, lumbar and dorsal vertebrae. Then, the carcass was submitted to a longitudinal cut. The left half-carcass was weighed. The half carcasses were sectioned in six anatomical regions that made up the commercial cuts: neck, palette, rib, handsaw, loin, and ham, according to the methodology of Cezar and Sousa (2007). Then the

individual weight of each cut was recorded to calculate its proportion concerning the sum of the reconstituted half carcass, thus obtaining the yield of the carcass cuts.

2.5 Statistical analysis

The data were subjected to canonical discriminant analysis to verify possible differences between the treatments evaluated (sexes and slaughter weights), identify the variables that best discriminate, and use these variables to create a discriminating function that represents the differences between treatments. The mathematical model used in the analysis was:

$$D(x) = \hat{L}' \cdot \bar{x} = [x_1 - x_2]' S^{-1} \cdot x$$

where: $D(x)$ = Fisher's sample linear discriminant function; L = estimation of the discriminant vector; x_1 = sample mean of the population π ; x = sample mean of the population π .

For the selection of variables with higher discriminatory power, the stepwise method was used. The selection of variables by this method starts without any variable in the model, and, at each stage, the addition of variables with higher discriminatory power is combined and eliminating those with less contribution, that is, based on the F statistic or lambda value. Wilks. The main objective of this procedure is to find the best set of variables to compose the discriminant function.

Statistical analyses were performed using the Statistica 8.0 software.

3. RESULTS AND DISCUSSION

In the total of the 18 variables evaluated initially, 8 variables were included in the discriminating model, through the selection by the Stepwise method: empty body weight, chest depth, chest width, thigh perimeter, neck, loin, leg length and croup width (Table 2). These variables are the ones that best compose the discriminatory model, for the evaluated treatments.

Among the selected variables (Table 3), the one with the greatest discrimination power between treatments was the variable Loin ($P = 0.0289$). The loin is a muscle of late maturity, being indicated to represent the development and the size of the muscular tissue (Sainz, 1996). In addition, the loin is among standard cuts for small ruminants, in most countries of the world, being classified as a noble cut (Madruga et al., 2005). The chest width

morphometric measure was the most important ($P = 0.051$) and the other variables of the model showed less significance ($P > 0.051$) in the treatment discrimination.

The functions and percentage of classification generated from the discriminant analysis (Table 4) indicate that the animals of treatments F70 and M100 were 100% classified in their respective groups of origin, demonstrating homogeneity in the behavior of these treatments. Regarding treatments F100 and M70, 75% of the animals were classified in their group of origin.

Table 4 contains the quadratic Mahalanobis distances between treatments, indicating that the smallest distance was observed between treatments M70 and F70 ($P > 0.05$). The treatments M100 and F100 also showed a small distance, however significant ($P < 0.001$). These results indicate that males and females with the same slaughter age (70 and 100 days) showed similar results for biometric measurements and carcass cuts. The greatest distances ($P > 0.05$) were observed between treatments: M70 and M100, M70 and F100, F70 and M100 and F70 and F100, indicating that age at slaughter significantly influences ($P < 0.05$) biometric measurements and in carcass cuts, since we can observe that the greatest distances are due to the age of slaughter and not to the sex of the animals (Table 4).

The standardized canonical coefficients and the canonical correlation for the new data set obtained are shown in Table 5. The first two canonical variables explained 95% of the total variation of the data. These results make it possible to study the behavior using canonical variables safely in the information, since the three linear combinations explain the entire variation (100%), with no loss of explanation of the phenomenon studied. The greater the proportion of variation explained by the first canonical variables, the more efficient the analysis and the better the explanation of the multivariate phenomenon (Mingoti, 2005).

Based on standardized canonical coefficients and considering that the canonical variable 1 (CAN 1) has greater discriminating power than the others, in addition to being considered as Fisher's linear discriminant function, being arranged as:

$$\text{CAN 1} = 0.148376 (\text{PVA}) + 0.102325 (\text{ProfT}) - 0.591717 (\text{Ltorax}) + 0.750881 (\text{Pcoxa}) - 0.071521 (\text{Neck}) + 0.856096 (\text{Loin}) - 0.644938 (\text{CP}) + 0.402375 (\text{Lgar}).$$

The canonical correlation associated with the first function (CAN 1) was 0.930516, this analysis aims to verify the multiple association between discriminant scores and groups. Its squared value (87%) measures and indicates the high explanatory power of the first discriminating function. In addition, another model validation test is Wilks' Lambda, which aims to test the significance of the discriminant function. We can infer that CAN 1 is highly

significant ($P = 0.000001$) and, therefore, better discriminates groups (Wilks lambda = 0.038263).

The lower the value of Wilks' Lambda statistic, the greater the degree of differentiation between groups or treatments (Hair et al. 2009). The variable with the highest weight in the first canonical variable was the loin, a result already evidenced, since this variable was the most significant ($P < 0.0001$) to discriminate the treatments (Table 3). The characteristics of greater weight in the second and third canonical variables were PVA and Neck, respectively.

Figure 1 illustrates objectively the canonical representation of treatments. The first two canonical variables (CAN1 and CAN2) were sufficient to explain 77.46% and 17.32% of the total variation of the data, respectively. It is possible to observe that the groups F70 and M70 are close, which, as already described, are the shortest treatments (Table 4).

When considering the use of canonical discriminant analysis, it is essential to measure the sample elements, variables that can really distinguish populations. Otherwise, the quality of adjustment of the discrimination rule will be compromised. A common misconception is to imagine that increasing the number of response variables increases the capacity for discrimination (Mingoti, 2005). In general, the treatments are visually well separated, showing good discrimination.

4. CONCLUSION

The discriminant analysis was efficient to discriminate and identify the carcass and cut characteristics with the ability to significantly reduce the number of variables evaluated experimentally. The variable with the greatest discriminatory power between treatments, selected using standardized canonical coefficients in order of importance was the animal's loin, also selected for presenting the greatest discriminatory power by the stepwise method.

The quadratic Mahalanobis distances between treatments indicate that the greatest distances are observed according to the age of slaughter and not the sex of the animals.

5. REFERENCES

- Almeida, J.C.S., Figueiredo, D.M., Boari, C.A., Paixão, M.L., Sena, J.A.B., Barvosa, J.L., Ortêncio, M.O., Moreira, K.F. 2015. Performance, body measurements, carcass, and meat quality in lambs fed residues from processing agroindustry of fruits. *Semina: Ciências Agrárias*, 36: 541-556.
- Barbosa, L.T., Lopes, P.S., Regazzi, A.J., Guimarães, S.E.F., Torres, R. A. 2005. Evaluation of swine carcass traits using principal components. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 34: 2009-2217.
- Brasil, Ministério da Agricultura, Instrução Normativa nº 3, de 07 de janeiro de 2000, Regulamento técnico de métodos de insensibilização para o abate humanitário de animais de açougue. *Diário Oficial da União*, Brasília, p,14-16, 24 de janeiro de 2000, Seção I.
- Camacho, A., 2015. Effect of breed (hair and wool), weight, and sex on carcass quality of light lambs under intensive management. *Journal of Applied Animal Research*, 43, 479-486.
- Cezar, M.F., Sousa, W.H. 2007. Carcaças ovinas e caprinas: obtenção, avaliação e classificação. Uberaba: Agropecuária Tropical.
- Coelho, E.R., Nunes, O.L.S.B., Souza, E.J.O. 2016. Factors influencing the quality of the meat of small ruminants. *Ciência Animal*, 26: 85-94.
- Costa, R.G., Vallejo, M.E.C., Bermejo, J.V.D., Henríquez, A.A., Vallecillo, A., Santos, N.M. 2010. Influence of animal gender and production system on the carcass characteristics of goats of the Blanca Serrana Andaluza breed. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 39: 382-386.
- Dillon, W.R., Goldstein, M., 1984. *Multivariate Analysis: Methods and Applications*, 2d ed., John Wiley, New York, 462p.
- Guedes, D.G.P., Ribeiro, M.N., Carvalho, F.F.R. 2018. Multivariate techniques in the analysis of carcass traits of Morada Nova breed sheep. *Ciência Rural*, 48: e20170746.
- Gomes, H. F. B, Menezes, J. J. L de, Gonçalves, H. C, et al. (2011). Características de carcaça de caprinos de cinco grupos raciais criados em confinamento. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 40(2), 411-417. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982011000200024>
- Hair Júnior, J.F., Tatham, R.L., Anderson, R.E., Black, W.C. 2009. *Análise multivariada de dados*. 6. ed. Porto Alegre: Bookman.

- National Research Council- NRC. 2007. Nutrient requirements of small ruminants: sheep, goats, cervids, and New World camelids, Washington, D. C.: The National Academies Press.
- Notter, D.R., Mousel, M.R., Leeds, T.D., Zerby, H.N., Moeller, S.J., Lewis, G.S., Taylor, J.B. 2014. 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*, 92, 1980-1994.
- Paim, T.P., Silva, A.F., Martins, R.F.S., Borges, B.O., Lima, P.M.T., Cardoso, C.C, Esteves, G.I.F., Louvandini, H., McMannus, C. 2013. Performance, survivability, and carcass traits of crossbred lambs from five paternal breeds with local hair breed Santa Inês ewes. *Small Ruminant Research*, 112, 28–34.
- Sainz, R.D. Qualidade de carcaças de ovinos e caprinos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 33., 1996, Fortaleza. Anais... Fortaleza: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1996. p.3-14.
- Silva, L.F., Pires, C.C. 2000. Avaliações quantitativas e predição das proporções de osso, músculo e gordura da carcaça em ovinos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 29, 1253-1260.
- Silva, L.F., Pires, C.C. 2000. Quantitative evaluation and prediction of the bone, muscle, and fat proportion of the ovine carcass. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 29: 1253-1260.

Table 1. Chemical composition of the experimental diet ingredients based on the dry matter for offspring up to 100 days old

Ingredient (g kg ⁻¹ DM)	Diet
Tifton hay	200
Ground corn	550
Soybean meal	210
Soybean oil	20
Mineral supplement	10
Calcitic limestone	10
<i>Chemical composition</i>	
Dry matter, DM (g kg ⁻¹ as fed)	890
Crude protein, CP (g kg ⁻¹ DM)	233
Mineral matter, MM (g kg ⁻¹ DM)	61
Ethereal extract, EE (g kg ⁻¹ DM)	50
Neutral detergent fiber, NDF (g kg ⁻¹ DM)	258
Calcium (g kg ⁻¹ DM)	8,4
Phosphorum (g kg ⁻¹ DM)	3,8
Metabolizable energy, ME (Mcal/kg DM)	2,5

Table 2. Variables selected and excluded by the method *stepwise*

Variables selected	Wilks' (Lambda)	Partial (Lambda)	p-value
Empty body weight	0.053691	0.712653	0.063622
Chest depth	0.046638	0.820427	0.235511
Chest width	0.050651	0.755436	0.110453
Thigh perimeter	0.054925	0.696646	0.051176
Neck	0.044699	0.856030	0.342161
Loin	0.058262	0.656748	0.028916
Leg length	0.051220	0.747047	0.099465
Croup width	0.045746	0.836434	0.279611

Table 3. Functions and percentage of classification by treatment obtained by the stepwise method

Sorting function	%
$Y_{(F70)} = -544.39 - 11.19_{(EBW)} + 0.37_{(CHD)} + 25.53_{(CHW)} + 18.40_{(THP)} - 118.44_{(Neck)} - 10.62_{(Loin)} + 12.05_{(LEL)} + 15.26_{(CRW)}$	100
$Y_{(F100)} = -620.99 - 11.10_{(EBW)} + 0.32_{(CHD)} + 21.38_{(CHW)} + 21.81_{(THP)} - 108.00_{(Neck)} + 66.27_{(Loin)} + 10.43_{(LEL)} + 18.60_{(CRW)}$	75
$Y_{(M70)} = -540.73 - 9.68_{(EBW)} + 0.36_{(CHD)} + 24.58_{(CHW)} + 17.43_{(THP)} - 95.40_{(Neck)} - 73.00_{(Loin)} + 13.28_{(LEL)} + 14.19_{(CRW)}$	75
$Y_{(M100)} = -595.70 - 8.28_{(EBW)} + 0.66_{(CHD)} + 19.33_{(CHW)} + 21.03_{(THP)} - 114.186_{(Neck)} - 15.86_{(Loin)} + 11.10_{(LEL)} + 16.22_{(CRW)}$	100

EBW = empty body weight, CHD = chest depth, CHW=chest width, THP= thigh perimete, neck, loin, LEL= Leg length and CRW = croup width

Table 4. Quadratic *Mahalanobis* distance between evaluated treatments

Treatments	M70	F70	M100	F100
M70	0.000000	4.835809	23.826280*	32.247250*
F70		0.000000	22.389280*	24.351800*
M100			0.000000	9.011556*
F100				0.000000

* significance by the F test ($P < 0.05$)Table 5. Stan Standardized canonical (CAN) coefficients, eigenvalues, total variation, canonical correlation, Lambda Wilks test, and *p-value*

Variáveis	CAN 1	CAN 2	CAN 3
Empty body weight	0.148376	-1.36648	-0.069766
Chest depth	0.102325	-0.54405	-0.473394
Chest width	-0.591717	0.62851	-0.034310
Thigh perimeter	0.750881	0.13954	-0.205810
Neck	-0.071521	-0.08767	0.879210
Loin	0.856096	0.80569	-0.741171
Leg length	-0.644938	-0.37975	0.606172
Croup width	0.402375	0.42565	0.100874
Eigenvalues	6.454946	1.44315	0.434900
Cumulative ratio	0.774625	0.94781	1.000000
Canonical correlation	0.930516	0.768565	0.550534
Lambda de Wilks	0.038263	0.285251	0.696913
<i>p-value</i>	0.000001	0.004935	0.172044

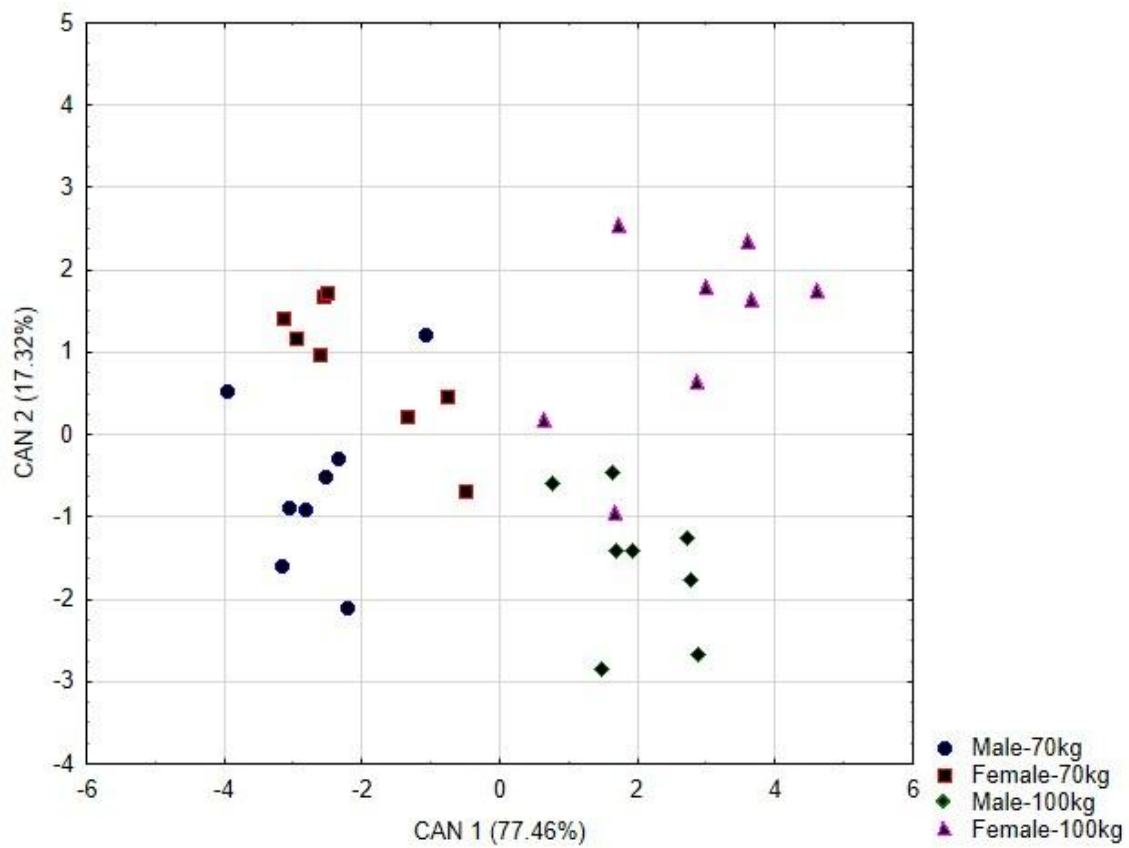


Figure 1. Two-dimensional graph of the canonical discriminant analysis of F70, F100, M70 and M100 for biometric measurements and cuts of the goat carcass