



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
UNIDADE ACADÊMICA CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**



BRENO ARAÚJO DE MELO

Associação entre produção de leite, duração da lactação, primeiro intervalo de parto e intervalo de parto com a morfometria de búfalas mestiças da raça Murrah por meio de Análise multivariada

RIO LARGO - ALAGOAS - BRASIL

2017

BRENO ARAÚJO DE MELO

Associação entre produção de leite, duração da lactação, primeiro intervalo de parto e intervalo de parto com a morfometria de búfalas mestiças da raça Murrah por meio de Análise multivariada

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia do Centro de Ciências Agrárias, da Universidade Federal de Alagoas, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Zootecnia.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Angelina Bossi Fraga

Coorientadora: Prof^a. Dr^a. Tânia Marta Carvalho Santos

RIO LARGO - ALAGOAS - BRASIL

2017

Catlogação na fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca Setorial do Centro de Ciências Agrárias
Bibliotecária Responsável: Myrtes Vieira do Nascimento

M528a Melo, Breno Araújo de
 Associação entre produção de leite, duração de lactação, primeiro intervalo de parto e intervalo de parto com a morfometria de búfalas mestiças da raça Murrah por meio de análise multivariada / Breno Araújo de Melo – 2017.
 106 f.; il.

 Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Alagoas, Centro de Ciências Agrárias. Rio Largo, 2017.

 Orientação: Profª. Drª. Angelina Bossi Braga

 Coorientação: Profª. Drª. Tânia Marta Carvalho Santos

 Inclui bibliografia e anexos

 1. Bubalus bubalis 2. Análise cônica 3. Medidas corporais I. Título

CDU: 636.293.2

FOLHA DE APROVAÇÃO

BRENO ARAÚJO DE MELO

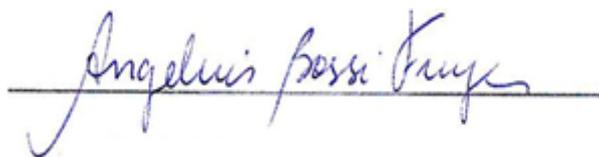
Associação entre produção de leite, duração da lactação, primeiro intervalo de parto e intervalo de parto com a morfometria de búfalas mestiças da raça Murrah por meio de Análise multivariada

Esta dissertação foi submetida a julgamento como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Zootecnia, outorgado pela Universidade Federal de Alagoas.

A citação de qualquer trecho desta dissertação é permitida, desde que seja feita de conformidade com as normas ética científica.

Aprovado em 17/08/2017

Banca Examinadora:



Prof^a. Dr^a. Angelina Bossi Fraga
Orientadora (CECA/UFAL)



Prof^a. Dr^a. Fabiane de Lima Silva
Membro titular (UFRB)



Prof. Dr. Kuang Hongyu
Membro titular (UFMT)

RIO LARGO - ALAGOAS - BRASIL

2017

À minha querida mãe Edna Araújo, ao meu querido amigo Thiago

Umbelino, ao meu irmão Ítalo Bruno, à minha querida avó Maria

Aparecida Araújo.

AGRADECIMENTO

Primeiro que tudo agradeço à Deus por todos as minhas conquistas e por estar sempre ao meu lado em todos os momentos.

À minha estimada orientadora Prof^a. Dr^a. Angelina Bossi Fraga, pela dedicação e por todo o compartilhamento de sua sabedoria e ensinamentos.

Ao Sr. Alberto Couto pela disponibilidade de podermos trabalhar com as búfalas do rebanho da Fazenda Castanha Grande.

Aos Professores Dr^a. Fabiane de Lima Silva, Dr. Kuang Hongyu e Dr^a. Tania Marta Carvalho pela coorientação e contribuição especial para a obtenção deste estudo.

À minha mãe Edna Araújo por ter me dado a oportunidade de me manter nos estudos durante toda minha vida.

À toda minha família em especial a minha avó Maria Aparecida e ao meu padrasto Almir Alves pela contribuição em minha formação acadêmica.

Ao meu sempre companheiro Thiago Umbelino por estar sempre ao meu lado.

Aos meus amigos Felipe Chagas, Isabele Melo e Namíbia Balbino pela contribuição para a construção deste trabalho.

À instituição de ensino Universidade Federal de Alagoas/Centro de ciências agrárias (CECA), pela oportunidade de realização de minha formação.

À instituição de amparo a pesquisa FAPREAL pela contribuição na construção deste estudo.

“ Quando penso que cheguei ao meu limite descubro que tenho forças para ir além. ”

Ayrton Senna

LISTA DE ABREVIATURAS

ACP	Análise de Componentes Principais
ACC	Análise de Correlação Canônica
AC	Análise Canônica
CP	Componentes principais
INTER	Intervalo de parto
PRINTER	Primeiro intervalo de parto
OR	Ordem de parto
PL	Produção de leite
DL	Duração da lactação
CC	Comprimento do corpo
AA	Altura do anterior
AP	Altura do posterior
CIT	Circunferência torácica
COI	Comprimento occipito-isquial
PAN	Profundidade do animal
COGA	Comprimento da garupa
LGA	Largura da garupa
LACF	Largura das coxas-femorais
LANC	Largura nas ancas
LLO	Largura do lombo
LOM	Largura dos ombros
LTOR	Largura do tórax
LPE	Largura do peito
COORE	Comprimento da orelha
LORE	Largura da orelha
COCAR	Comprimento da cara
LCAR	Largura da cara
COCAB	Comprimento da cabeça

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 1

Tabela 1. Classificação zoológica da espécie bubalina	19
Tabela 2. Principais grupos raciais pertencentes à variedade Búfalos de Rio.....	22
Tabela 3. Principais países produtores de leite bubalino em 2014	26
Tabela 4. Principais raças bubalinas brasileiras classificadas de acordo com a variedade, origem e aptidão.....	28
Tabela 5. Medidas morfométricas em estudos realizados em búfalas	30
Tabela 6. Médias de produção de leite (Kg/lactação) em rebanhos bubalinos no Brasil de acordo com os autores, raça das búfalas e Estado.....	33
Tabela 7. Médias e herdabilidade (h^2) do Intervalo de parto (IDP) em dias em rebanhos bubalinos no Brasil de acordo com os autores, raça das búfalas e Estado	36

CAPÍTULO 2

Tabela 1. Análise descritiva das características de PL (kg/lactação), DL (dias), INTER (dias) e PRINTER (dias) em búfalas mestiças da raça Murrah no Estado de Alagoas.....	66
Tabela 2. Análise descritiva das medidas morfométricas corporais de búfalas mestiças da raça Murrah no Estado de Alagoas.....	68
Tabela 3. Análise descritiva das medidas morfométricas da cabeça de búfalas mestiças da raça Murrah no Estado de Alagoas.....	71
Tabela 4. Correlação fenotípica das medidas corporais de búfalas mestiças da raça Murrah no Estado de Alagoas	74
Tabela 5. Correlação fenotípica das características morfométricas de cabeça de búfalas mestiças da raça Murrah do Estado de Alagoas.....	75
Tabela 6. Componentes principais (CP), autovalores (λ_i), e porcentagem da variância explicada pelos componentes (%VCP) para as características morfométricas corporais em búfalas da raça Murrah no Estado de Alagoas.....	76
Tabela 7. Coeficiente de ponderação das características e suas correlações (em porcentagem) para explicar a variação total das 14 características corporais de búfalas mestiças da raça Murrah do Estado de Alagoas.....	78
Tabela 8. Fator de inflação da variância (VIF) para as características de produtivas, reprodutivas e medidas morfométricas em búfalas da raça Murrah no Estado de Alagoas.....	79
Tabela 9. Funções canônicas, correlação canônica (r), correlação canônica quadrada (R^2) e <i>P-value</i> para os quatro funções canônicas em relação às características produtivas, reprodutivas e morfométricas de Búfalas mestiças da raça Murrah no Estado de Alagoas.....	81
Tabela 10. Função canônica (FC), autovalores (λ) e percentuais de variação descrita (VPC) e acumulada (VPCA) das 4 funções canônicas das características morfométricas corporais e produtivas e reprodutivas de Búfalas mestiça da raça Murrah do Estado de Alagoas.....	81
Tabela 11. Cargas canônicas e cargas canônicas cruzadas entre as características de produção, reprodução e medidas corporais para a função canônica 1	83
Tabela 12. Cargas canônicas quadradas, cargas canônicas quadradas cruzadas e índice de redundância da função canônica 1 para as características de produção e reprodução e medidas morfométricas corporais em búfalas mestiças Murrah no Estado de Alagoas.....	86

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 1

Figura 1. Regiões da Índia, Sri Lanka e Indochina.....	16
Figura 2. <i>Bubalus arnee</i> (Búfalo selvagem asiático)	17
Figura 3. Região do Assam e Pradesh.....	17
Figura 4. Búfalo de rio (<i>Bubalus bubalis bubalis</i>). Fêmea da raça Murrah.....	20
Figura 5. Búfalo de pântano. (<i>Bubalus bubalis kerebeu</i>). Raça Karabao.....	21
Figura 6. Distribuição mundial do rebanho bubalino.....	24
Figura 7. Dados de crescimento do rebanho mundial de bubalinos.....	25
Figura 8. Produção mundial de leite por espécie animal.....	26
Figura 9. Rebanho de fêmeas da Raça Murrah.....	28

CAPÍTULO 2

Figura 1. Fita métrica utilizada na tomada das medidas corporais.....	59
Figura 2. Trena métrica para tomadas das medidas corporais.....	59
Figura 3. Paquímetro de medição animal.....	59
Figura 4. Tomada da medida de largura do peito.....	61
Figura 5. Tomada das medidas morfométricas de larguras superiores do corpo.....	61
Figura 6. Tomada das medidas corporais.....	62
Figura 7. Tomada das medidas de cabeça.....	62
Figura 8. Scree plot da ACP das medidas morfométricas corporais em búfalas Murrah no Estado de Alagoas.....	77
Figura 9. Box plot da correlação canônica entre as medidas morfométricas e produtivas e reprodutivas de búfalas mestiças da raça Murrah no Estado de Alagoas.....	83

SUMÁRIO

CATÍTULO 1

1 CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	14
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	16
2.1 Considerações preliminares sobre a bubalinocultura.....	16
2.1.1 O búfalo e sua origem.....	16
2.1.2 Classificação taxonômica do búfalo.....	18
2.1.3 A domesticação da espécie bubalina (<i>Bubalu bubalis</i>)	22
2.1.4 O rebanho bubalino mundial.....	24
2.1.5 Produção mundial de leite bubalino.....	25
2.2 A bubalinocultura no Brasil.....	27
2.3 Características estudadas.....	30
2.3.1 Características morfológicas.....	30
2.3.2 Características produtivas e reprodutivas.....	32
2.3.2.1 Produção de leite.....	32
2.3.2.2 Duração da lactação.....	33
2.3.2.3 Primeiro intervalo de parto.....	34
2.3.2.4 Intervalo de parto.....	35
2.4 Associação entre características produtivas e medidas morfológicas em Búfalos.....	36
2.5 Análise multivariada.....	39
2.5.1 Análise de componentes principais (ACP)	41
2.5.2 Análise de correlação canônica (ACC)	43
REFERÊNCIAS.....	45

CAPÍTULO 2

1 INTRODUÇÃO.....	55
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	57
2.1. Informações dos animais e sistema de produção.....	57
2.2. Características estudadas.....	58
2.3. Metodologia aplicada para a obtenção das medidas morfológicas...	58
2.4. Análise estatística.....	62
3 RESULTADO E DISCUSSÕES.....	66
3.1. Características produtivas e reprodutivas.....	66
3.2. Características morfológicas.....	67
3.3. Correlação entre as medidas morfológicas.....	72
3.4. Análise de Componentes Principais.....	75
3.5. Análise de Correlação Canônica.....	79
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	88
REFERÊNCIAS.....	89
ANEXOS.....	97

CAPÍTULO 1

RESUMO

A inclusão de medidas corporais dos bubalinos como critério de seleção visando o melhoramento da produção e reprodução pode ser um método bastante promissor, pois alguns relatos na literatura têm mostrado que algumas características morfométricas estão relacionadas com o potencial dos animais. Apesar disso, existem poucas pesquisas com esse tipo de abordagens e acredita-se que a avaliação das medidas corporais das búfalas em conjunto, possa ser utilizada para predizer o potencial e aptidões para exploração comercial desses animais. As técnicas multivariadas permitem analisar conjuntamente várias características. Dentre elas, podem ser citadas a análise de componentes principais (ACP) e a correlação canônica (ACC). A ACP consiste em reduzir a dimensionalidade dos dados e eliminar informações redundantes, a partir da correlação linear do conjunto de variáveis, permitindo identificar as variáveis que mais contribuem na expressão da variância total, sem perda da originalidade dos dados. A ACC objetiva desenvolver uma combinação linear em cada um dos conjuntos de variáveis em estudo, tal que a correlação entre esses dois conjuntos seja maximizada. O objetivo dessa pesquisa foi estudar a associação entre um conjunto de medidas morfométricas corporais com a produção de leite (PL), duração da lactação (DL), primeiro intervalo de parto (PRINTER) e intervalo de parto (INTER) em 99 búfalas mestiças Murrah visando dar subsídios ao processo de seleção. No presente estudo, o resultado da ACP permitiu que seis componentes principais fossem mantidos sendo responsáveis por 94,68% da variação dos dados. Na análise de ACC entre o conjunto das características morfométricas corporais com o conjunto das características produtivas e reprodutivas, a primeira função canônica foi significativa ($P < 0,05$) apresentando moderada associação entre os grupos das características estudadas (0,56), indicando que ambos os grupos são considerados dependentes. Sendo assim, essas técnicas podem ser empregadas para estudar a relação entre medidas morfométricas e capacidade produtiva e reprodutiva dos animais, visando contribuir para a escolha de biótipos que atendam as demandas dos sistemas de produção.

Palavras Chave: análise canônica. *Bubalus bubalis*. componentes principais.
medidas corporais

ABSTRACT

The inclusion of body measurements of buffaloes as a selection criterion aiming at the improvement of production and reproduction can be a very promising method, since some reports in the literature have shown that some morphometric traits are related to animal's potential. Although, there are few researches with this type of approaches, it is believed that the study of body measurements of buffaloes jointly, can be used to predict the animal's potential and fitness to commercial exploitation. The multivariate techniques allow to analyze jointly several traits. Among them, we can be listed the Principal Component Analysis (PCA) and the Canonical Correlation Analysis (CCA). The PCA consists of reducing the dimensionality of the data and eliminating redundant information, allowing to identify the variables that contribute most to the expression of the total variance without the loss of originality of the data. The CCA aims to develop a linear combination in each of the sets of variables studied, such that the correlation between these two sets will be maximized. The objective of this study was to study the association between a set of body morphometric measures with milk production (MP), length lactation (LL), first calving interval (FCI) and calving interval (CI) of 99 Murrah crossbreed female buffaloes aiming to provide aids to selection's process. In this study, the PCA results allowed six principal components were maintained, which they accounted for 94.69% of the data total variance. In the ACC among the body morphometric traits with the set of the productive and reproductive traits, the first canonical function was significant ($P < 0.05$), presenting a moderate association between the groups of traits studied (0.56), indicating that both groups are considered dependent. Thus, these techniques can be used to study the relationship between morphometric measures and productive and reproductive potential of the animals, aiming to contribute to the selection of biotypes that meet the demands of production systems.

Keywords: canonical analysis. *Bubalus bubalis*. principal component. body measurements

1 CONSIDERAÇÕES GERAIS

A população mundial de búfalos é de aproximadamente 195 milhões de cabeças, das quais a maior concentração está no continente asiático com 97% do rebanho efetivo (FAO, 2014). O rebanho brasileiro de búfalos é da ordem de 1,3 milhões de cabeças e sua maior parte está na Região Norte do país, com 66,3% do rebanho nacional. O restante do efetivo está distribuído entre as Regiões Sudeste (12,4%), Nordeste (9,5%), Sul (7,5%) e Centro-Oeste (4,3%). Em termos absolutos, a Região Norte foi a que registrou o maior crescimento do efetivo de bubalinos, seguida pelas Regiões Sudeste e Nordeste. (IBGE, 2015).

Os Búfalos primam pela sua rusticidade, adaptabilidade, longevidade, produtividade e fertilidade elevada. Com relação à exploração comercial da bubalinocultura, o leite de búfala, quando comparado ao leite de vaca, apresenta composição nutritiva relativamente superior, pois, sua elevada quantidade de gordura, proteína e sólidos totais, permitem maior rendimento na produção de derivados (JIMÉNIS, 2016). Esses fatores têm contribuído para a expansão da produção de leite de búfalos no Brasil, proporcionando um expressivo crescimento de unidades industriais dedicadas ao fabrico de produtos lácteos. O leite de búfalas apresenta sabor singular e tem, como um importante derivado, a *mozzarella*. Esse produto tem papel indispensável na elaboração de várias receitas *gourmet* e possui excelente aceitação no mercado mundial (BERNARDES, 2007).

Para atender toda essa demanda de mercado, é necessário que os rebanhos tenham elevado potencial genético, com manejo adequado ao tipo de exploração para que se tenha bons índices na produção de leite de búfalas. Entretanto, essa não tem sido a realidade da maioria dos rebanhos. Portanto, a escolha dos critérios e a seleção dos animais superiores nesse processo são fundamentais para obtenção dos ganhos zootécnicos esperados.

Um dos critérios promissores na seleção de animais produtivos é a utilização de várias medidas corporais das búfalas para que, quando avaliadas em conjunto, possa ser indicativo de superioridade produtiva ou mesmo, reprodutiva. Existem alguns trabalhos na literatura que mostram a existência da relação entre biótipo e aptidão das habilidades de produção e reprodução em animais domésticos (THOMAS et al., 2000; JOHRARI et al., 2009; LAGROTTA et al. (2010); ESPINOSA-NUÑEZ et al., 2011; SILVA et al. (2011); KERN et al., 2014; MIRZA et al., 2015; VOHRA et al.,

2015). Com base nessas informações, as medidas corporais de búfalas leiteiras podem ser utilizadas para predizer o potencial e suas aptidões para exploração comercial como relatado por Thomas et al. (2000) e Agudelo-Gómez et al. (2015). O estudo conjunto dessas características pode contribuir no sentido de definir o biótipo mais indicado para um determinado sistema de produção, além de auxiliar nos processos de seleção.

Dentro desse contexto, as técnicas multivariadas possuem abordagens que permitem analisar conjuntamente várias características, tendo sido bastante utilizadas na produção animal (BARBOSA et al, 2010; PAIVA et al., 2010; BEZERRA JUNIOR et al., 2015; OLIVEIRA et al., 2014b e ROS-FREIXEDES et al. 2014). Dentre elas, podem ser citadas a análise de componentes principais (ACP) e análise canônica (AC). A técnica ACP consiste em reduzir a dimensionalidade dos dados por transformação de um conjunto de variáveis correlacionadas em um novo conjunto de variáveis não correlacionadas (CRUZ et al., 2004). A partir dessa correlação linear do conjunto de variáveis, é possível identificar as variáveis que mais contribuem na expressão da variância total. Além disso, permite eliminar informações redundantes em decorrência da correlação com outras variáveis presentes na análise (REGAZZI, 2002). A técnica AC objetiva desenvolver uma combinação linear em cada um dos conjuntos de variáveis em estudo, tal que a correlação entre esses dois conjuntos seja maximizada. Dentro desse sentido, as análises multivariadas podem ser empregadas para estudar a relação entre medidas morfométricas e capacidade produtiva e reprodutiva dos animais, visando contribuir para a escolha de biótipos que atendam as demandas dos sistemas de produção.

O objetivo dessa pesquisa foi estudar a relação entre as medidas morfométricas corporais e características produtivas e reprodutivas em um rebanho de búfalas mestiças da raça Murrah por meio da análise multivariada visando dar subsídios aos programas de seleção desses animais.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Considerações preliminares sobre a bubalinocultura

2.1.1 O búfalo e sua origem

O búfalo doméstico teve sua origem do Arni (*Bubalus arnee*) ou búfalo selvagem asiático o qual habitava o norte da Índia, Sri Lanka e Indochina (Figura 1), animais ainda existentes nestes países, atualmente sobrevivendo em manadas e em estado selvagem (Figura 2). No norte da Índia, onde existe uma abundante quantidade de fósseis de animais, foram encontrados dois fósseis de búfalos da Era do Plioceno, de dois tipos distintos que tinham relacionamentos em comum, um com o búfalo indiano selvagem e outro com o Anoa e o Tamaraw. Este último, encontrado somente na Islândia e nas Filipinas onde também é conhecido como búfalo Mindoro possuindo uma semelhança entre o Arni e o Anoa, sendo um animal bastante raro (LYDEKKER, 1885; COCKRILL, 1974 e MASON et al., 1977).

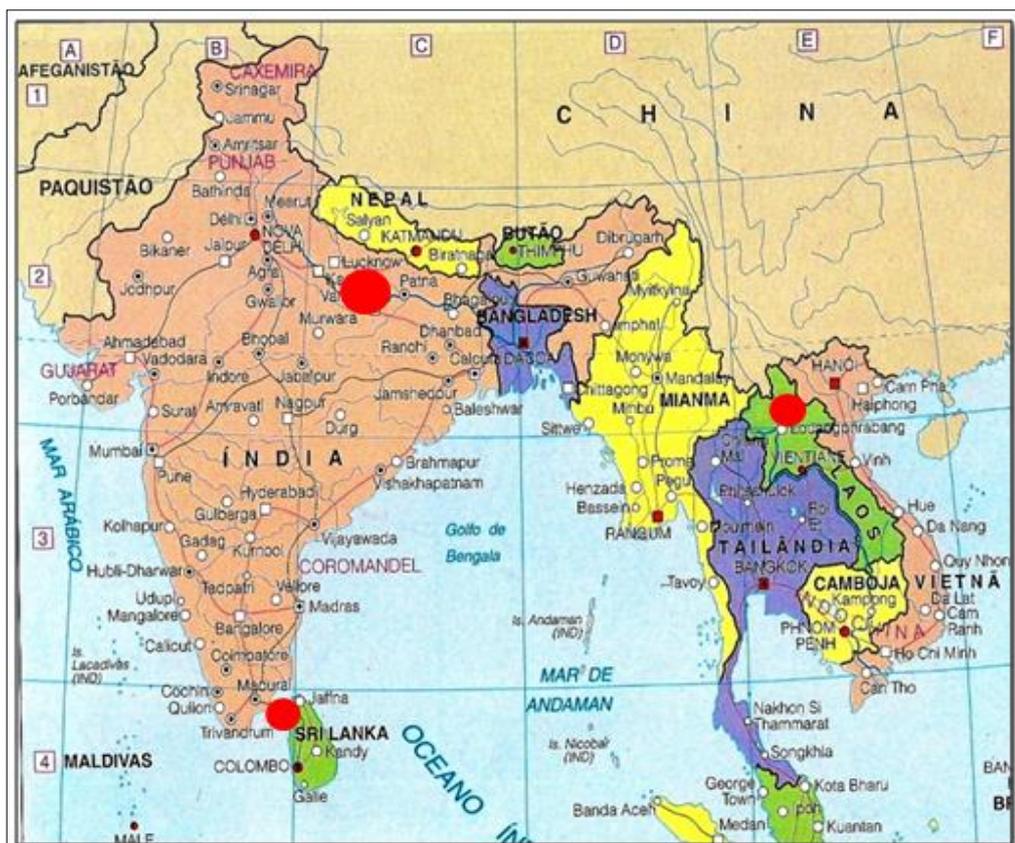


Figura 1. Regiões da Índia, Sri Lanka e Indochina.
Fone: Disponível em: www.marcosbau.com.br



Figura 2. *Bubalus arnee* (búfalo selvagem asiático)
 Fonte: IUNC, 2016. Disponível em: www.ultimateungulate.com

Na Figura 3 pode ser visualizada a região do Assam e Pradesh, onde atualmente, encontra-se a maior parte dos búfalos selvagens asiáticos. A população mundial total desses animais é aproximadamente de 4.000 animais. Esse levantamento não é uma estatística de fácil obtenção e precisão, pela dificuldade de distinção entre o búfalo selvagem e os búfalos domésticos e de origem híbrida, originados de cruzamentos desordenados entre estas subespécies (BORQHESE, 2005).



Figura 3. Região do Assam e Pradesh
 Fonte: Disponível em: www.isape.wordpress.com

Durante o final da era do Pleistoceno, a qual ocorreu por volta de 12.000 anos atrás, o *Bubalus arnee* possuía uma ampla distribuição, e sua população se estendia do Sul da Ásia até toda a Europa. Porém, devido às alterações de ordem climática, a população de búfalo selvagem passou a ter uma significativa redução. Essa redução foi resultado das ações do homem as quais acarretaram alterações tanto de ordem ambiental, como também de ordem genética (COCKRILL, 1974).

Uma das principais causas de alterações e perdas genéticas consiste na ocorrência de cruzamentos não orientados entre búfalos selvagens e domésticos, perda do habitat, na maioria das vezes pela degradação, e a caça indiscriminada. Além destas, doenças e parasitas transmitidas por animais domésticos, a disputa por alimento, habitat e água, entre búfalos selvagens, assim como ações de domesticação também contribuem para essa diminuição (BOGHESE, 2005).

Segundo a União Internacional para a Conservação da Natureza - IUCN (2010), atualmente é possível encontrar populações remanescentes de *Bubalus arnee* em algumas pequenas áreas no sul do Nepal, sul de Butão, oeste da Tailândia, leste de Camboja, sul de Mianmar e alguns pontos na Índia. Entretanto, o búfalo selvagem é atualmente considerado uma espécie em risco de extinção.

2.1.2 Classificação taxonômica do búfalo

A classificação dos bubalinos ainda é um assunto de discussão e em construção entre a comunidade científica, associações e criadores. A taxonomia dos búfalos encontra-se em constante modificação e atualmente não possui uma linguagem universal compreendida, levando à contradição na ordem zoológica da espécie. Para Ramos (2008), isso deve-se as constantes alterações e revelações no sistema de nomenclatura dos animais. Além disso, o surgimento de novas raças de animais criadas pelas associações, sem o devido comprometimento e atenção na determinação da ordem zoológica, aumenta ainda mais a confusão quando se referem aos mamíferos, em especial animais destinados à atividade pecuária.

Os búfalos são classificados de maneira sistemática, seguindo algumas características morfológicas raciais como da distribuição dos pelos no corpo, tamanho da cabeça e orelhas, e principalmente pelas características anatômicas dos chifres. Nos bubalinos os chifres determinam os padrões raciais da espécie, geralmente pelo

grau de achatamento, direção, comprimento e curvatura dos mesmos (RAMOS, 2008).

Na Tabela 1 está apresentada a classificação zoológica dos búfalos. Estes animais pertencem ao reino *Animalia*; Classe dos *Mamíferos*; Ordem *Artiodáctilo* (são animais que possuem dedos em pares); Subordem *Ruminantia*; Família *Bovidae* (compreendem os animais que possuem chifres ocos, girafas, camelos, os bovídeos, carneiros, cabras e os antílopes); Subfamília *Bovinae* os quais são divididos em três grupos (bovinos, sincerinos e bubalinos). No ano de 1758 Linnaeus em sua obra intitulada *Systema Naturae* incluiu todos os membros pertencentes à família dos bovídeos como sendo do gênero *Bos*, posteriormente devido as diferenças anatômicas existentes, os búfalos foram então classificados no gênero *Bubalus*, e em 1827 H. Smith classificou-os com a terminologia *bubalis* surgindo então a espécie *Bubalus bubalis*, sendo esta utilizada para todas as variedades domésticas do búfalo asiático. Porém, o termo *Bubalus arnee* é usada somente para os búfalos selvagens.

Tabela 1. Classificação zoológica da espécie bubalina

Classificação	
Reino	<i>Animalia</i> (Animal)
Classe	<i>Mammalia</i> (Mamíferos)
Ordem	<i>Artiodáctilo</i> (dedos pares)
Subordem	<i>Ruminantia</i> (Ruminantes)
Família	<i>Bovidae</i> (Ruminantes com chifres ocos, incluindo bois, carneiros, cabras e os verdadeiros antílopes)
Subfamília	<i>Bovinae</i> (bovino, sincerinos e bubalinos)
Gênero	<i>Bubalus</i>
Espécie	<i>Bubalus mindorensis</i> (Tamaraw) <i>Bubalus depressicornis</i> (Anoa) <i>Bubalus arnee</i> (Búfalo selvagem asiático ou búfalo indiano) <i>Bubalus bubalis</i> (Búfalo indiano ou búfalo doméstico)
Subespécie	<i>Bubalus bubalis</i> variedade <i>bubalis</i> (Rio) (2n=50) <i>Bubalus bubalis</i> variedade <i>kerebeu</i> (Pântano) (2n=48)

Fonte: Lydekker, 1885; Falconer, 1895; Flower, 189; Cockerill, 1974; Mason et al., 1977 e Peary (1990): Adaptado por Bedoya & Hernandez (2013)

O Gênero *Bubalus* é composto pelas espécies selvagens: *Bubalus arnee* (búfalo asiático, arni), *Bubalus mindorensis* (Tamarao) e *Bubalus depressicornis* (anoa), e

pela espécie *Bubalus bubalis* (búfalo indiano) que é a classificação para os búfalos domesticados, os quais são divididas em duas subespécies e classificadas pelas variedades: *Bubalus bubalis kerebeu*, o búfalos de pântano e *Bubalus bubalis bubalis*, o búfalo de rio, Tabela 1 (LYDEKKER, 1885; CROCKILL, 1974; MASON et al., 1977).

A variedade *bubalis* está representada pelo búfalo doméstico ou indiano os quais constituem os búfalos da Índia, Paquistão, China, Turquia, Itália, região do Mediterrâneo e de vários países da Europa e América. Estes búfalos são conhecidos mundialmente por búfalos de rio e compõem a maior quantidade de variedades e raças tais como a Mediterranea, Jafarabadi e Murrah (Figura 4). As muitas raças atuais de bubalinos ao longo do tempo passaram por diversos efeitos naturais que por meio da seleção natural formaram as raças definidas de bubalinos encontradas atualmente nas mais diversas regiões do mundo (MARQUES et al., 1998; RAMOS, 2008).



Figura 4. Búfalo de rio (*Bubalus bubalis bubalis*). Fêmea da raça Murrah. Fonte: Borghese, 2005. Buffalo Research Institute, Hisar, Índia.

A espécie *Bubalus bubalis* variedade *kerebeu* está representada pelo búfalo de pântano (Figura 5). Esta variedade é encontrada em várias partes do mundo como no Ceilão, Indochina, Ilhas da Indochina, Filipinas e Indonésia, Malásia e no Vietnã, principalmente nos campos de produção de arroz onde são de extrema importância como força de trabalho (MARQUES et al., 1998). No Brasil são encontrados

principalmente na região Norte, onde é chamado de Carabao, o qual também é conhecido por rosilho na região do Amazonas (MCMANUS, 2010).

Atualmente, é difícil contabilizar e descrever as raças de búfalos existentes no mundo, principalmente por causa das práticas de caça, desmatamento e cruzamentos desordenados que provocam perdas relevantes no número de indivíduos, características próprias da espécie e principalmente das características genotípicas.



Figura 5. Búfalo de pântano. (*Bubalus bubalis kerebeu*). Raça Karabao
Fonte: Borghese, 2005. Local: Tana Toraja, Sulawesi, Indonésia.

O búfalo de água compõe os diversos rebanhos espalhados pelo mundo, domesticados ou semi-domesticados. Existem aproximadamente 21 raças de búfalos de Rio (*Bubalus bubalis bubalis*) e 4 raças do tipo Pântano (*Bubalus bubalis kerebeu*). Na Região sul do continente asiático, existe cerca de dezoito raças de búfalos de Rio que são classificados em cinco grandegrupos como Murrah, Gujarat, Uttar Pradesh, Indian Central, e raças indianas do sul (Tabela 2). Dentre estas, as raças do grupo Murrah apresentam características significativas como animais leiteiros. A raça Murrah é uma das mais difundidas pelo mundo com finalidade leiteira. A nova raça Godavari é resultado do cruzamento entre o búfalo nativo Andhra Pradesh e a raça Murrah (DHANDA, 2004).

Tabela 2. Principais grupos raciais pertencentes à variedade Búfalos de Rio

Grupos	Raças
Murrah	Murrah, Nili/Ravi, Kundi, Godavari
Gujarat	Surti Mehsana, Jafarabadi
Uttar Pradesh	Bhadawari, Tarai
Central Indian	Nagpuri, Pandharpuri, Manda, Jerangi, Kalahandi, Sambalpur
South Indian	Toda, South Kanara

Fonte: Dhanda, 2004

A China apresenta uma grande diversidade de recursos genéticos de búfalos e, em sua maioria, ainda desconhecido no meio científico. A maioria das espécies é do tipo Pântano, os quais fornecem leite e carne para os pequenos criadores locais, além do uso como tração nos processos de plantio, principalmente no cultivo do arroz (BORGHESE, 2005). Entretanto, esses animais, antes utilizados nessas regiões apenas como tração animal, vêm tornando-se importante fonte de alimento contribuindo para o aumento expressivo da produção leiteira da região. Isso tudo, contribuiu nos últimos anos para a expansão mundial da bubalinocultura, principalmente devido à grande capacidade de adaptação dessa espécie às mais variadas regiões do mundo (BERNARDES, 2007).

2.1.3 A domesticação da espécie bubalina (*Bubalu bubalis*)

Os búfalos são encontrados em várias regiões do mundo graças a sua capacidade de adaptação aos mais diversos ambientes. Entretanto, a variedade de rio é encontrada em maior número na Índia sendo também numerosa no Paquistão, Egito e regiões do Mediterrânea já o búfalo de pântano é mais encontrado no sudoeste Asiático (RAMOS, 2008).

Há registros de que a domesticação da espécie bubalina teve início durante o segundo milênio a.C. na Mesopotâmia, no Vale do Indu e na China (MARQUES et al., 1998). Segundo Borghese (2005), a domesticação da espécie bubalina é mais recente quando comparada com a domesticação de *Bos taurus* e *Bos indicus*, para as quais existem registros de 10.000 anos atrás.

A região entre o Vale do Indu até a Mesopotâmia era, provavelmente, coberto de espessas florestas transversais e, por vários rios e córregos proporcionando assim, uma excelente condição geográfica e climática para a multiplicação de búfalos. A reprodução pura e seletiva, ao longo de vários séculos, levou à existência de uma população de animais com características únicas e adaptadas a uma dada condição ambiental. Esse processo deu origem às raças atuais. Dentre elas, as raças leiteiras como Murrah, Kundi, Nili-Ravi, Surti e Jaffarabadi, disseminadas para todas as partes do mundo, principalmente para as regiões tropicais e subtropicais (DHANDA, 2004).

A espécie bubalina tem grande importância na agricultura mundial por causa da força de tração dos animais utilizada nos campos de plantação, contribuindo para o desenvolvimento socioeconômico regional. Esses animais, fortes e robustos, são muito utilizados na produção de arroz no Oriente, principalmente por pequenos produtores da Ásia, pois devido a sua docilidade podem ser manjedados até mesmo por crianças. Isso os torna em animais de extrema importância para o desenvolvimento econômico dessa região, bem como na produção de cereais e proteína de origem animal (MARQUES et al., 1998; RAMOS, 2008).

No Brasil, o momento exato da domesticação do búfalo é cercado por divergências entre estudiosos da espécie, uma vez que os relatos históricos são contraditórios. Entretanto, acredita-se que a introdução dos búfalos no Brasil tenha sido realizada pela importação de pequenos lotes de origem Asiática e Européia. De acordo com a Associação Brasileira dos Criadores de Búfalos - ABCB, a introdução mais conhecida foi a importação de 1906, por Vicente Chermont de Miranda para a 'Fazenda Dunas e Ribanceira', na costa Norte da Ilha de Marajó no Maranhão (SANTIAGO, 2008). Com a partida de Chermont para exploração de outras regiões do país, o rebanho ficou praticamente abandonado, tornando-se em animais ariscos, os quais viviam em rebanhos nas matas e regiões alagadas.

Com o passar do tempo, a partir da década de 80, o avanço do conhecimento dos búfalos, principalmente de sua capacidade produtiva, permitiu que a espécie fosse amplamente disseminada para várias regiões do mundo. O objetivo inicial era ocupar os chamados "vazios pecuários", regiões em que, por suas características naturais, a pecuária bovina não se desenvolvia bem (BERNARDES, 2007).

Além disso, a habilidade produtiva e reprodutiva da espécie despertou o interesse de vários criadores a produzirem leite de búfala. Entretanto, mesmo criados nesses locais, os búfalos demonstraram excelente habilidade produtiva em condições

adversas, graças a sua extrema capacidade adaptativa em função de sua rusticidade e sobrevivência, garantindo assim a expansão da espécie. Essa capacidade de adaptação, paralela à produtividade, permitiu que os bubalinos fossem considerados em excelente oportunidade de produção de alimento de origem animal. Sendo, portanto, uma ótima alternativa para atender a crescente demanda por alimento da população, e em especial, na produção de derivados de excelente qualidade.

2.1.4 O rebanho bubalino mundial

A população mundial de búfalos é de aproximadamente 195 milhões de cabeças, sendo a Ásia detentora de aproximadamente 188 milhões, a África com 4 milhões, a América 1,3 milhões, a Europa 395 mil e a Oceania com apenas 245 cabeças, figura 6.

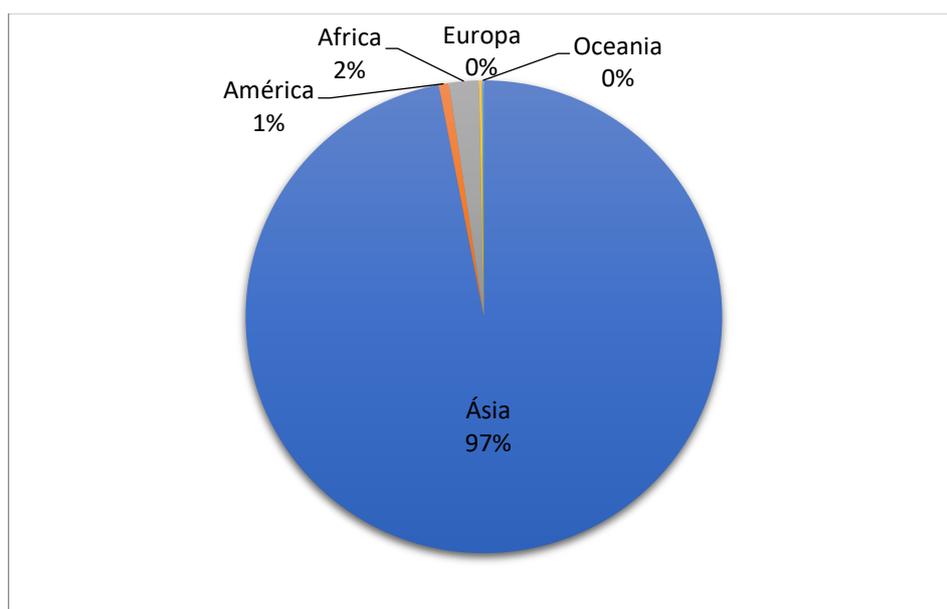


Figura 6. Distribuição mundial do rebanho bubalino (2014)
Fonte: FAO, 2014

Entre 1993 e 2001 foi registrado um crescimento de 142% da população de búfalos na Itália, principalmente, em decorrência da procura pela mozzarella de búfala, sendo esse produto exportado para toda a Europa (BORGHESE, 2005). No Egito, Irã, Azerbaijão, Alemanha e Itália, nos últimos anos, o rebanho bubalino vem crescendo acentuadamente devido à procura por derivados de leite, os quais possuem ótima aceitação no mercado internacional (BORGHESE et al., 2011). Na Figura 7 pode ser observado o crescimento do rebanho bubalino mundial nas últimas décadas, sendo

uma das espécies que com as maiores taxas de crescimento entre os animais domésticos, apresentando um crescimento em torno de 12% por ano (FAO, 2014).

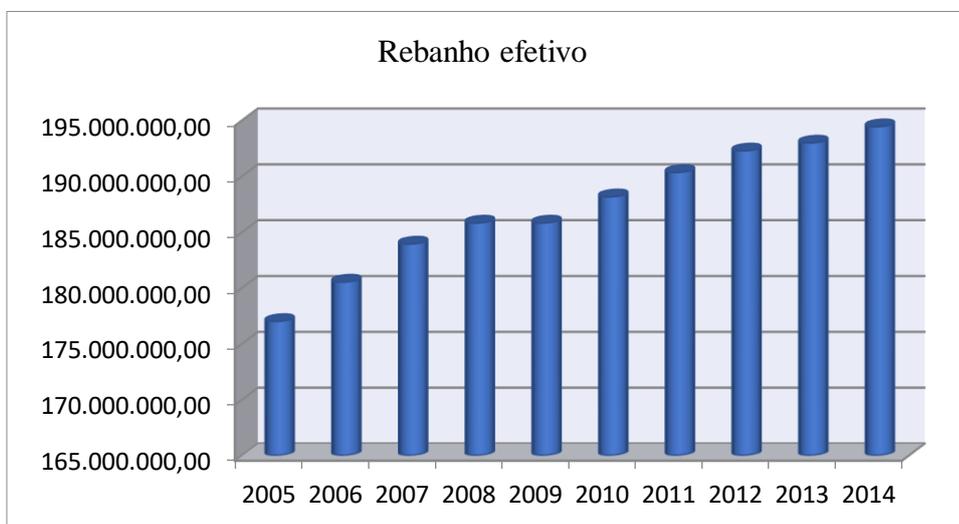


Figura 7. Dados de crescimento do rebanho mundial de bubalinos na última década.

Fonte: FAO, 2014

2.1.5 Produção mundial de leite bubalino

A produção mundial de leite em 2013 foi de 747 milhões de toneladas sendo registrado um aumento de 48% nas últimas três décadas. A maior parte dessa produção de leite é de origem bovina, ficando a espécie bubalina em segundo lugar com 11% de contribuição (Figura 8). Entretanto, o continente que apresentou o maior crescimento de produção leiteira foi a Ásia, com um aumento expressivo de 238% da produção chegando a produzir 270 milhões de toneladas, sendo a Índia o maior produtor com 18% da produção mundial. Grande parte dessa produção é de origem bubalina demonstrando a importância da espécie no potencial de produção de leite. Os demais países produtores são: Estados Unidos com 12%, Brasil e China, ambos com 5% e, Alemanha e Rússia, ambas com 4% (FAO, 2015).

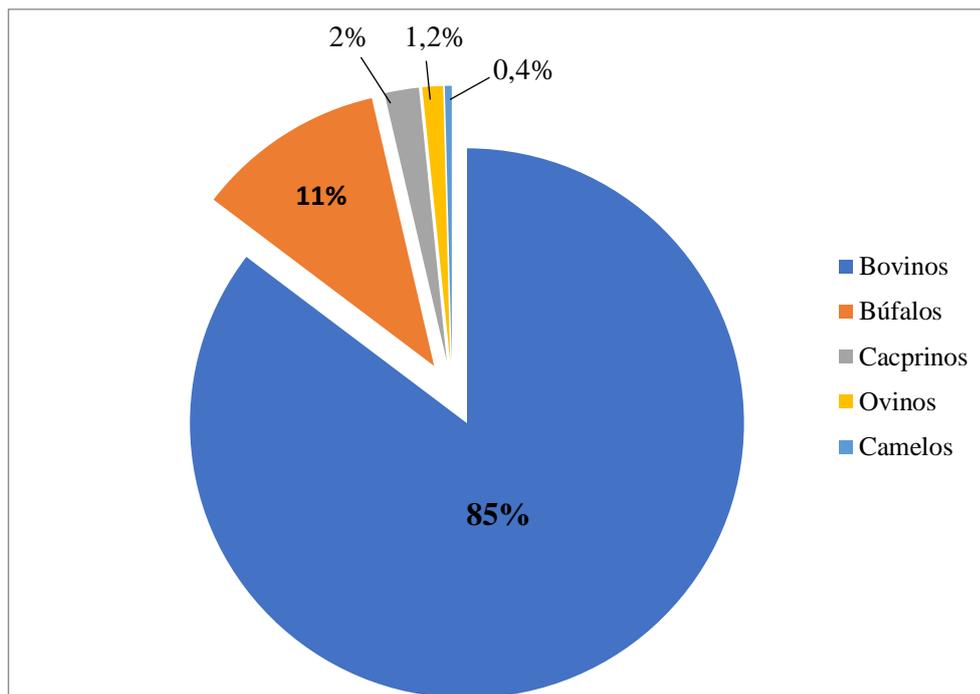


Figura 8. Produção mundial de leite por espécie animal em 2015
Fonte: FAO, 2015

A produção mundial de leite bubalino em 2014 foi da ordem de 107,7 milhões de toneladas, sendo o continente asiático o maior produtor com cerca de 104,6 milhões de toneladas (Tabela 3). De acordo com os dados estatísticos, somente a Índia produziu cerca de 74,7 milhões de toneladas de leite, o que representa cerca de 65,5% da produção mundial, seguido pelo Paquistão, China e Egito com 25,0; 3,1 e 2,9 milhões de toneladas, respectivamente (FAO, 2014). Isso mostra a importância da espécie nesta região, uma vez que concentra a maior parte da população humana, e grande parte está em áreas propensas a desequilíbrios nutricionais.

Tabela 3. Principais países produtores de leite bubalino em 2014

País	Rebanho Milhões de cabeças	Produção de leite Milhões de toneladas
Índia	110	74,7
Paquistão	31,2	25,0
China	3,1	3,1
Egito	2,9	2,9

Fonte: FAO, 2014

2.2 A bubalinocultura no Brasil

O rebanho brasileiro de bubalinos em 2015 registrou um aumento de 3,5% em relação ao ano anterior, sendo o maior rebanho efetivo das Américas. No Brasil, a maior concentração do rebanho está localizada no Norte do País (66,3%), e o restante do distribuídos entre as Regiões Sudeste (12,4%), Nordeste (9,5%), Sul (7,5%) e Centro-Oeste (4,3%). O Pará e o Amapá são os estados com maior contingente populacional de búfalos, os quais apresentam 59,1% e 38,2% do efetivo do País, respectivamente. Na região nordeste os maiores produtores são os estados da Bahia e Pernambuco e, o estado de Alagoas possui um rebanho efetivo de 1.202 cabeças (IBGE, 2015).

O rebanho bubalino brasileiro, em geral, é constituído por quatro raças: Mediterrânea Murrah e Jafarabadi, sendo denominadas como búfalos de rio e, a raça Carabao, denominada búfalo de pântano (ABCB, 2016), Tabela 4. Embora exista um grupo de animais chamados de Búfalo Baio, esse grupo ainda não é considerado uma como raça específica segundo a Associação Brasileira dos Criadores de Búfalos - ABCB. Quanto às origens, Marques et al. (2010) relataram que a raça Jafarabadi é originária da Índia, com duas variedades criadas no Brasil: a Gir, búfalo mais delicado com ossatura leve e a Palitana, de ossatura mais pesada com bolsa de gordura acima dos olhos; Murrah do Norte da Índia; Mediterrânea na Itália, com porte médio e o Carabao ou Rosilha originária da Ásia.

A descrição das raças bubalinas brasileiras é realizada de acordo com a Associação Brasileira dos Criadores de Búfalos - ABCB (2016). E em virtude da presente pesquisa ter sido conduzida com animais mestiços de Murrah, será realizada uma breve abordagem sobre as principais características que definem esse grupo racial. Além disso, no Brasil dentre as raças bubalinas, a Murrah é aquela de maior predominância, principalmente pelo seu potencial produtivo e pelas características do leite e seus derivados como a *mozzarella*.

Tabela 4. Principais raças bubalinas brasileiras classificadas de acordo com a variedade, origem e aptidão

Variedade	Raças	Origem	Aptidões
Búfalos de rio	Murrah	Índia e Paquistão	Leite
	Jafarabadi	Índia	Leite e carne
	Mediterrânea	Itália	Leite e carne
Búfalos de pântano	Carabao	Ásia	Leite, carne e tração

Fonte: ABCB, 2016; adaptado por Andrade & Garcia, 2005.

A raça Murrah tem sua origem no Norte da Índia, e pertence a espécie *Bubalus bubalis bubalis*, considerada como búfalo de rio doméstico, Figura 9. O termo Murrah vem do idioma Hindu que significa “espiralado” ou “caracolado” e deriva a formação de seus chifres que são e espiralados em anéis arqueados em torno de si mesmo, saindo para trás, para fora, para baixo e para cima, com a ponta retorcida para dentro e enrolada. A cor da pele, chifres, cascos e pêlos são negros.



Figura 9. Rebanho de fêmeas da Raça Murrah.
Foto: Melo, 2017

Possuem pescoço de comprimento médio, forte no macho e descarnado na fêmea. O dorso é largo e um pouco selado. O Lombo é largo e direito. Suas costelas são bem arqueadas e as ancas salientes, bem separadas e um pouco caídas. A garupa da raça é larga, um pouco inclinada no macho e mais na fêmea. Apresentam inserção da cauda relativamente alta e as coxas e nádegas são chatas, mas carnudas. São animais maciços, robustos e de corpo curto, reto, profundo, simétrico e

equilibrado com conformação média e compacta, e de extremidades curtas e ossos pesados permitindo maior capacidade digestiva, características importantes em animais leiteiros. O padrão racial é conferido por conformação de cabeça curta em posição fronto-nasal, possui perfil cranial retilíneo ou levemente sub-convexo, chanfro retilíneo a sub-côncavo. Os olhos são levemente proeminentes nas fêmeas e com menor projeção nos machos, vivos, límpidos e pretos. As orelhas apresentam tamanho relativamente pequeno, de direção quase horizontal e um pouco pendulares. Possuem membros curtos, grossos e corretamente aprumados. A raça possui o úbere volumoso, avançando para frente e para trás, com veias bem marcadas e quartos bem enquadrados. Os tetos são longos, bem separados, sendo os anteriores mais curtos e bem desenvolvidos. A raça é considerada excelente produtora de leite. No entanto, também possui excelente aptidão para a carne, o que lhe confere dupla aptidão. Os machos chegam a pesar entre 600 a 800 kg e as fêmeas, entre 500 a 600 kg de peso vivo.

A produção de leite de búfalas no Brasil é estimada em aproximadamente 92 milhões de litros, produzidos por cerca de 82 mil búfalas ordenhadas no país, sendo a maior parte da produção destinada às indústrias produtoras de derivados de leite de búfalas, possibilitando à cadeia produtiva faturamento bruto em torno de U\$ 55 milhões aos laticínios e de cerca de U\$ 17 milhões aos criadores (BERNARDES, 2007).

Em estudos realizados por Tonhati et al. (2000a) em búfalas da raça Murrah a média de produção de leite por lactação foi de 1.481,4 kg. Entretanto, existem relatos de médias de produção de leite na raça Murrah superiores como aquelas reportadas por Malhado et al. (2007), Sampaio Neto et al. (2001) e Bezerra Junior et al. (2014), cujos valores foram 1.864, 2.131 e 2.218 kg de leite/lactação, respectivamente. A duração média do período de lactação da raça Murrah e seus mestiços, de acordo com a literatura científica está entre 250 a 300 dias. Os autores Tonhati et al. (2000a), Ramos et al. (2006), Rodrigues et al. (2010), Sampaio Neto et al. (2001) e Bezerra Júnior et al. (2014), encontraram valores de 271, 256, 270, 301, e 282 dias de lactação, respectivamente

2.3 Características estudadas

2.3.1 Características morfométricas

A biometria consiste no estudo das características quantitativas e qualitativas possíveis de serem mensuradas em indivíduos de uma determinada população, como por exemplo, medidas de altura, comprimento, tamanho, largura, e entre outras. Essa técnica é aplicada em várias áreas, como em experimentos agrônomicos e em animais (REZENDE, 2007). Alguns estudos morfométricos em bubalinos são encontrados na literatura (Tabela 5).

As características qualitativas geralmente são distribuídas em categorias, como por exemplo: presença ou ausência de barbela e forma da marrafa em bovinos, forma das orelhas nas raças em suínas, dentre outras. Essas características de ordem qualitativa são as denominadas características morfológicas. Entretanto, há outro grupo de características qualitativas denominadas morfométricas, as quais são passíveis de mensurações. Estas medidas são obtidas com o auxílio de instrumentos adequados tais como, paquímetros, hipômetros, réguas adequadas e fitas métricas.

Tabela 5. Medidas morfométricas em estudos realizados em búfalas

Medidas corporais	Raças	Fonte
AA, CC, CIT	Búfalos de Nili-Ravi	Mirza et al., 2015
AA, CC, CIT	Mestiças e Murrah, Mediterrânea, Jafarabadi	Oliveira et al., 2001
AA, CC, CIT, COCAR, LCAR, CIT, COCAU, COCH, CICH, COORE, DIOQ, DIPI, CCAUV	Búfalos Gojri (Bubalus bubalis)	Vohra et al., 2015
AUB, COTE, DTE	Búfalos de rio e seus mestiços com Carabao	Espinosa-Núñez et al., 2011

AA, altura do anterior; AUB, altura do úbere; CC, comprimento do corpo; CIT, circunferência torácica; COCAR, comprimento da cara; COCAU, comprimento da cauda; COTE, comprimento do teto; DTE, diâmetro do teto; LCAR, largura da cara; CCH, comprimento do chifre; CICH, circunferência do chifre; COORE, comprimento da orelha; DIOQ, distância entre os ossos do quadril; DIPI, distância entre os ombros ilíacos; CCAUV, comprimento da cauda até a ponta da vassoura.

Em geral, as características morfométricas são tomadas por meio da mensuração de partes funcionais ou não do corpo do animal. Dentre elas, podem ser citadas: comprimento do corpo, altura do anterior, altura do posterior, perímetro torácico, largura do peito, comprimento da cauda, entre outras. Além das

características corporais, também podem ser obtidas as medidas tomadas na cabeça tais como o comprimento da orelha, comprimento da cara, largura da cara e comprimento da cabeça.

Comprimento do corpo - A maior parte do corpo demonstra ser ampla. Consiste pela diagonal do corpo, com início na ponta inferior da escápula e término na ponta do ísquio. Esta região é composta pelo tronco, delimitada pelas extremidades dos ossos dos ísquios, garrote, ponta do esterno até a região inguinal. Oliveira et al. (2001) encontraram médias de 143 cm de comprimento corporal em búfalas leiteiras, conferindo animais de corpo longo. Compõem a caixa torácica e peito, importantes para uma boa capacidade respiratória. É uma região cheia e com musculatura bem distribuída sendo mais pronunciada nas raças aptas para a produção de carne. Essa característica confere aos animais saúde, vigor, ossatura forte e seca e boas ligações.

Altura do anterior e posterior - são duas regiões, as quais correspondem as extremidades que saem desde os cascos anteriores até a cernelha e, dos cascos posteriores até o ângulo dos ossos dos íleos, respectivamente. Oliveira et al. (2001) relataram valor médio de 137 cm de altura de anterior em búfalas leiteiras, essa medida também é conhecida como altura de cernelha.

Circunferência torácica - corresponde ao contorno da região que passa por trás do cilhadouro e sobre a cernelha. Em estudos realizados com búfalas mestiças, Oliveira et al. (2001) verificaram a ocorrência de médias de 187 cm nesse local. Uma ampla circunferência do tórax confere uma boa capacidade respiratória. Nela está localizado o costado, que dá forma a parede da caixa torácica, onde se encontram também os órgãos digestivos. Essa região deve ser longa, arredondada e profunda.

Profundidade animal e largura do tórax - nessas regiões, animais com medidas largas e profundas, demonstram uma maior capacidade digestiva e respiratória. Esse local é cheio e com musculatura bem distribuída, sendo mais pronunciada nas raças aptas para a produção de carne. Animais profundos apresentam saúde, vigor, ossatura forte e seca, boas ligações e capacidade de gestação.

Largura do peito - o peito é uma região ímpar formado pelos ossos esternos localizados na região inferior do pescoço. Nela estão localizados o coração e os órgãos respiratórios, permitindo boa capacidade respiratória e circulatória.

Comprimento e largura da garupa - região ímpar, situada entre o lombo e a cauda acima das coxas. Seu comprimento corresponde a linha lateral entre a ponta do íleo e a ponta do ísquio, e a sua largura é medida da ponta do ísquio do lado esquerdo à ponta do ísquio do lado direito. A garupa é constituída pelos ossos sacrais, íleo e ísquio, formando angulosidade que varia entre as raças. É uma região importante para a locomoção e produção de carne em animais de corte. Essa característica possui correlação positiva com a capacidade reprodutiva das fêmeas, uma vez que nela estão contidos os órgãos internos femininos e sua conformação está ligada a facilidade de parto. Nas búfalas leiteiras, uma garupa ampla possibilita um maior desenvolvimento do úbere, o qual irá garantir uma maior produtividade leiteira. Semelhante a isto, está também relacionada às médias de largura das ancas e largura das articulações coxas-femorais. Essa última está compreendida entre os ângulos dos ossos femorais esquerdos e direitos na região ilíaca. Essa característica está associada à conformação da garupa.

Medidas da região da cabeça - a cabeça é uma região ímpar variando de acordo com a variedade e raça. A cabeça do búfalo apresenta tamanho comprido e com espelho nasal grande e largo, e possui uma fronte relativamente achatada. Nas fêmeas deve ser delicada expressando feminilidade e docilidade. Seja na variedade rio ou de pântano, os búfalos são animais robustos. Apresentam cabeça larga, olhos vivos e expressivos, focinhos grandes e narinas bem abertas. As orelhas são relativamente pequenas e com poucos pêlos, porém, as bordas são mais peludas (RAMOS, 2008). Em estudo de medidas morfométricas em búfalos, Vohra et al. (2015) registraram uma média de comprimento da orelha e da cara de 28 e 48 cm, respectivamente.

2.3.2 Características Produtivas e Reprodutivas

2.3.2.1 Produção de leite

A produção de leite (PL) é a característica produtiva mais importante no rebanho leiteiro, pois influencia diretamente a lucratividade da atividade. De acordo

com estudos em rebanhos de búfalos no Brasil, a média de produção leiteira varia entre 1.200 a 2.200 kg de leite por lactação (Tabela 6).

Tabela 6. Médias de produção de leite (Kg/lactação) em rebanhos bubalinos no Brasil de acordo com os autores, raça das búfalas e Estado

Fonte	Raças	Produção de leite	Região
Tonhati et al. (2000a)	Murrah, Jafarabadi, Mediterrânea e mestiços	1.259	São Paulo
Tonhati et al. (2000b)	Murrah	1.496	São Paulo
Sampaio Neto et al. (2001)	Murrah	2.130	Ceará
Ramos (2006)	Murrah	1.650	-
Malhado et al. (2007)	Murrah	1.863	-
Aspilcueta-Borquis et al. (2010)	Murrah	1.814	São Paulo
Rodrigues et al. (2010)	Murrah e seus mestiços	1.663	Pará
Malhado et al. (2013)	Murrah	1.631	-
Bezerra Júnior et al. (2014)	Mestiços da raça Murrah	2.218	Alagoas
Rezende et al. (2017)	Murrah, Jafarabadi, Mediterrânea e mestiços	1.216	Bahia

O potencial de produção de leite é resultante dos fatores genéticos e ambientais (ordem nutricional, ordem de lactação da idade da búfala e outros). Para Bezerra Júnior et al. (2014), vários fatores podem interferir na produção leiteira, dentre eles, o estágio da lactação, a estação de parto, a ordem de lactação, raças, entre outros. Porém, para que a potencialidade seja expressa pela espécie, é preciso aplicar programas de melhoramento genético eficiente e bem orientado (TONHATI et al., 2000a; MALHADO et al., 2007; BEZERRA JÚNIOR et al., 2014).

2.3.2.2. Duração da lactação

A duração da lactação (DL) é uma das características mais importantes no sistema de produção leiteira. Consiste no período total em que a búfala produz leite e varia de acordo com a raça, entre animais dentro de uma mesma raça, de acordo com o sistema de criação e saúde do animal.

O rebanho brasileiro bubalino, segundo estudos (TONHATI et al., 2000a; SAMPAIO NETO et al., 2001; RODRIGUES et al., 2010; MALHADO et al., 2013;

BEZERRA JÚNIOR et al., 2014), apresenta médias entre 270 a 300 dias de duração da lactação. Longos períodos de lactação levam a maior produção de leite. Entretanto, por ocasião do terceiro terço de gestação das búfalas é importante que se faça a interrupção da produção de leite. Nesta ocasião, há grande demanda de energia para manutenção animal e formação de feto. Além disso, a secagem das búfalas nesse período permite o descanso da glândula mamária, evitando o desgaste excessivo da fêmea e prejuízo no desempenho do próximo ciclo de produção.

A duração da lactação é influenciada por fatores genéticos e ambientais. Possui baixa estimativa de herdabilidade, variando entre 0,01 a 0,15 (TONHATI et al., 2000a; RODRIGUES et al., 2010; MALHADO et al., 2013), indicando que a influência dos efeitos genéticos aditivos nessa característica é baixa e, portanto, não responde bem à seleção. Por outro lado, os componentes ambientais exercem papel fundamental para a expressão desse carácter. Dentre os fatores ambientais, podem ser citados: manejo nutricional, manejo sanitário, estação do nascimento das progênes, dentre outros. Isto mostra que a duração do período lactacional é muito sensível às alterações realizadas no ambiente, tais como melhorias de manejo.

2.3.2.3 Primeiro intervalo de parto

O primeiro intervalo de parto - PRINTER é compreendido pelo período entre o primeiro e o segundo parto da fêmea. O estudo dessa medida é importante devido a sua importância econômica, uma vez que quanto menor for esse intervalo menos tempo a fêmea de primeira cria levará para retornar a produção. Cassiano et al. (2003) registraram média de 500 dias de primeiro intervalo de parto de búfalas e considerou essa característica muito importante, tanto para produção de carne, quanto para a produção de leite, e o valor ideal de 365 dias. Essa característica produz grande impacto nos sistemas de produção animal, uma vez que quanto menor tempo a fêmea levar para fornecer a primeira cria, maior será a sua lucratividade no rebanho. Juntamente com o intervalo de parto, são as características que mais afetam a produtividade de um rebanho leiteiro. O intervalo de partos, de modo geral, é bastante influenciado pelo período de serviço, isto ocorre porque o período de gestação dos bubalinos sofre pouca variação, em torno de 10 meses (PEREIRA et al., 2007). À medida que PRINTER for reduzido, mais cedo a fêmea volta ao ciclo produtivo gerando renda aos sistemas de produção de leite. Paralelo a isto, menor será os

intervalos de gerações e a intensidade de seleção nas fêmeas, uma vez que quanto maior for o número de progênes geradas, maior será a resposta a seleção nos animais. Entretanto, mesmo tendo o conhecimento de que os intervalos de parto são características reprodutivas de relevante importância econômica nos sistemas produtivos, pouco são aplicados como objetivo de seleção.

2.3.2.4. Intervalo de parto

O intervalo de parto (IDP) consiste no período entre um parto e outro. Essa característica é de fundamental importância em sistemas de produção leiteira, uma vez que é responsável pelo período em que uma fêmea leva para gerar progênes durante sua vida útil e, conseqüentemente, o fornecimento de leite. Quanto maior for esse intervalo menor será o número de crias e leite produzidos, levando prejuízos ao sistema.

O intervalo de parto é o principal índice da eficiência reprodutiva de um rebanho, os quais estão diretamente correlacionados. Quanto menor for o IDP maior será a eficiência reprodutiva, permitindo uma maior vida útil da fêmea, maior número de progênes: assim como a diminuição do intervalo de geração, melhorando o ganho genético do rebanho. Além disso, uma menor IDP proporciona ao sistema, maior número de fêmeas recém-paridas, garantindo uma maior taxa de vacas em fase de lactação, principalmente na fase inicial, possibilitando maiores produções de leite, e redução da taxa de descartes de fêmeas do rebanho, levando a redução dos custos de produção de novilhas de substituição.

Em rebanhos bubalinos explorados no Brasil, a média do intervalo de parto gira em torno de 360 a 450 dias, Tabela 7. Apesar da pouca variação, essa característica pode variar entre as diferentes raças, regiões e sistemas de criação, principalmente, pelo manejo nutricional e sanitário.

Tabela 7. Médias e herdabilidade (h^2) do Intervalo de parto (IDP) em dias em rebanhos bubalinos no Brasil

Fonte	Raças	IDP	h^2	Região
Tonhati et al., 2000b	Murrah	385	0,10	São Paulo
Sampaio Neto et al., 2001	Murrah	430	-	Ceará
Ramos et al., 2006	Murrah	361	0,02	-
Lopes et al., 2008	Mestiços de Murrah e Mediterrânea	451	-	Rondônia
Malhado et al., 2013	Murrah	411	0,03	-
Bezerra Júnior et al., 2014	Murrah e mestiços	422	-	Alagoas

O intervalo de parto apresenta herdabilidade baixa, variando entre 0,00 a 0,10 em estudos encontrados em várias regiões do Brasil. Isso confere que o IDP possui uma correlação significativa com os efeitos de ambiente, e que esse efeito contribui significativamente para alterações do intervalo de parto.

Intervalos de parto ideais, próximos de 12,5 meses, são importantes para uma eficiência reprodutiva, contribuindo para bons índices econômicos e lucratividade dos sistemas produtivos, visto que índices reprodutivos ideais são fatores limitantes na intensidade de seleção, refletindo nos ganhos genéticos (PEREIRA et al., 2012).

2.4 Associação entre características produtivas e medidas morfométricas em Búfalos

A seleção de animais produtivos considerando-se algumas medidas corporais, visando o melhoramento da produção e reprodução, pode ser um método bastante promissor em ganho genético. Existem alguns trabalhos na literatura, os quais relatam que alguns biótipos específicos, podem apresentar maior aptidão para as habilidades de produção e reprodução (WENCESLAU et al., 2000; RENNÓ et al., 2003; LAGROTTA et al., 2010; ESPINOSA-NUÑEZ et al., 2011; SILVA et al., 2011; KERN et al., 2014). Entretanto, a maior parte desses estudos têm sido realizada com a espécie bovina, principalmente em animais da raça Holandesa, em que os critérios de seleção seguem um padrão definido, de acordo com o país, constituído por índices de conformação corporal e pontuações. Essas classificações permitem que os produtores tenham maiores informações sobre as características corporais

desejáveis a serem transmitidas às futuras gerações. Esse tipo de classificação é denominado de “Tipo funcional”, a qual se refere a associação entre a conformação corporal e produção (WENCESLAU et al., 2000; RENNÓ et al., 2003).

Dessa forma, acredita-se que a inclusão das medidas corporais de búfalas leiteiras para estimar o potencial produtivo e reprodutivo das fêmeas e suas aptidões para exploração comercial, pode ser bastante promissora. Nas raças bubalinas leiteiras, ainda não há uma metodologia de avaliação das características descritivas lineares ou biótipo ideal. Além disso, são raras as pesquisas que relatam sobre as informações de mensurações corporais e suas relações com características produtivas e reprodutivas. De acordo com Espinosa-Núñez et al. (2011), o conhecimento das características morfológicas do úbere de búfalas, bem como das colocações, estruturas dos tetos e ligamentos de úbere, é um fator de grande importância nos processos de seleção desses animais.

A glândula mamária é o órgão vital para produção de leite e a busca por melhorias deste compartimento é fundamental para o aumento da produtividade e principalmente da saúde animal. Para o melhoramento genético de búfalas leiteiras, o conhecimento das características morfológicas do úbere e tetos é um fator determinante e de grande importância nos programas de seleção, em que a melhoria dessas características levará a aumentos na produtividade, sem prejudicar os aspectos funcionais (ESPINOSA-NÚÑEZ et al., 2011).

Nos estudos realizados por Espinosa-Núñez et al. (2011) avaliando as características do sistema mamário em búfalas em Cuba, foi relatada correlação positiva entre diâmetro e comprimento das características de tetos na espécie, e que a existência de tetos com diâmetros elevados acarreta problemas na implantação da ordenha mecânica, podendo provocar problemas de mastite e maiores prejuízos aos produtores. Os autores encontraram variáveis morfológicas de úberes pouco desenvolvidos. No entanto, os úberes apresentaram boa profundidade (0,25) e largura moderada (0,38) cm. Úberes bem desenvolvidos e com boa profundidade proporciona maior produção leiteira e longevidade, além da diminuição de traumatismos da glândula e tetos, causados por plantas e ou objetos.

Nos experimentos conduzidos por Mirza et al. (2015), avaliando a correlação genotípica e fenotípica entre medidas corporais e produção de leite em búfalas da raça Nili-Rave, os autores não verificaram correlações fenotípicas e genotípicas negativas entre as características avaliadas. Os autores relataram as seguintes

correlações fenotípicas: PL e altura da cernelha (0,04); PL e comprimento do corpo (0,04); PL e perímetro torácico (0,04). Os mesmos autores concluíram que mesmo com correlações fenotípicas baixas, porém positivas, entre ambos os grupos de características, a manutenção do comprimento corporal nos programas de seleção da raça Nili-Rave é importante. Além disso, seria interessante manter a medida de perímetro torácico na seleção indireta, uma vez que essas características apresentaram correlações genéticas 0,16 e 0,14, respectivamente, com a produção de leite.

Na determinação das correlações fenotípicas entre medidas corporais de búfalos de pântano, Johari et al. (2009) obtiveram correlações altas e positivas entre as características corporais. Os autores concluíram que a maioria das características corporais estão fortemente correlacionadas com o peso corporal em búfalos de pântano, em que as maiores correlações foram entre o peso corporal e comprimento corporal (0,89 e 0,90) em fêmeas e machos, respectivamente. Devido a estas correlações entre peso e medidas corporais em búfalos, estudos podem ser realizados para a determinação do peso corporal de búfalos de corte utilizando estas características, principalmente, na ausência de balanças de pesagem, além de poder ser empregados nos programas de seleção para búfalos de corte e/ou dupla aptidão.

Estudando as correlações entre medidas corporais em búfalos da raça Gojri na Índia, Vohra et al. (2015) encontraram correlação fenotípica alta e positiva entre a circunferência torácica e comprimento do corpo de (0,55). Os autores encontraram correlações altas e positivas entre as medidas corporais e regiões da cabeça em que reportaram as maiores correlações de 0,67 e 0,49 entre comprimento da orelha e distância dos ossos do quadril, e entre o comprimento da cara e comprimento do corpo.

Uma estratégia para melhorar a produtividade de búfalos é selecionar animais de acordo com as características de produção, que permitem ser aplicadas em programas de seleção de acordo com os objetivos pretendidos seja para leite, carne ou duplo propósito. Porém, as várias características produtivas e reprodutivas apresentam correlações altas e baixas, positivas e negativas, isso na maior parte dos casos contribui para erros na prática de seleção quando realizada de forma negligenciada por partes dos produtores. Isso, conseqüentemente, pode levar à redução da resposta a seleção e morfologias indesejáveis nos animais, comprometendo a produtividade. Sendo assim, as técnicas multivariadas objetivam o

estudo de várias características que podem ser de difícil mensuração e de entendimento na seleção dos animais, especialmente quando existe correlação genética negativa (AGUDELO-GÓMEZ et al., 2015).

Em estudos realizados por Agudelo-Gómez et al. (2015), avaliando as correlações entre as características produtivas e reprodutivas em búfalos na Colômbia, utilizando a análise multivariada de componentes principais, os autores reportaram que essa técnica possibilita reduzir a quantidade de variáveis estudadas mantendo a maior parte da variabilidade original. Isso permite que seja necessário um menor número de características utilizadas na seleção desses animais, pela eliminação de características redundantes, tornando melhor a compreensão para os melhoristas e criadores.

2.5 Análise multivariada

As análises multivariadas são conjuntos de técnicas empregadas em diferentes áreas de conhecimento em análises experimentais. Essas técnicas permitem o estudo de várias características, simultaneamente, levando-se em consideração as possíveis correlações existentes entre elas. De acordo com Hongyu et al. (2016) essas técnicas, de modo geral, consistem em métodos estatísticos que permitem analisar simultaneamente, múltiplas medidas em cada indivíduo ou objeto em estudo. Várias são as técnicas multivariadas: análise de componentes principais, análise fatorial, análise de correlação canônica, análise de agrupamento, análise discriminante e análise de correspondência. Além das análises de variância multivariadas, regressão multivariada e de medidas repetidas sob efeitos fixos.

Um dos problemas na ACC ocorre quando as variáveis apresentam multicolinearidade. As variáveis são colineares quando duas ou mais variáveis estão associadas de modo exato, ou seja, se um dos vetores apresentam combinação linear de outros vetores, sendo mais intenso quando existem correlação linear forte entre as variáveis. Essa situação é considerada crítica para as análises e, à medida que a multicolinearidade aumenta, menor será a capacidade de definição dos efeitos das variáveis.

Essas técnicas atuam como uma importante ferramenta contribuindo para o auxílio na execução de experimentos, interpretação dos resultados e para melhorar a qualidade das pesquisas. Várias áreas podem aplicá-las, sendo que, nos últimos anos

têm sido bastante empregadas na produção animal. Existem vários estudos quais aplicaram técnicas multivariadas na produção animal (THOMAS et al., 2000; BARBOSA et al., 2010; PAIVA et al., 2010; OLIVEIRA et al., 2014b; ROS-FREIXEDES et al., 2014 e BEZERRA JÚNIOR et al., 2015), objetivando-se a melhor compreensão dos fenômenos biológicos visando aprimorar o delineamento dos sistemas produtivos.

Várias características apresentam comportamento de associação com outras características, e que ambas conferem a mesma função biológica. Essas características são chamadas de variáveis redundantes, pelo fato destas serem correlacionadas entre si. Além disso, existem fatores problemas, como no caso de características de difícil mensuração, elevado tempo ou custos de obtenção dos dados (BARBOSA et al., 2005).

O objetivo de muitas abordagens multivariadas é a simplificação das análises experimentais, buscando expressar o que está acontecendo em termos de um conjunto reduzido de dimensões. Portanto, as ferramentas multivariadas permitem a redução da dimensionalidade dos dados, contribuindo para reduzir o campo amostral, sem perdas significativas dos dados originais (RENCHER, 2002).

De acordo com Barbosa et al. (2005) as análises multivariadas são excelentes ferramentas na definição das características quantitativas ou o conjunto delas que expressem a maior parte de variação total dos dados. São passíveis de aplicá-las nos programas de melhoramento genético, nas avaliações de maiores quantidades possíveis de características, simultaneamente, reduzindo os custos e tempo na obtenção dos resultados.

As estimativas de correlação, distância genética e de índices, a partir de análises multivariadas, podem promover bons resultados em programas de melhoramento por meio da obtenção das matrizes de variância, covariância ou de correlação (SOUZA et al., 2010). Os métodos multivariados são escolhidos de acordo com os objetivos de cada pesquisa, pois consiste em análises exploratória de dados. Portanto, presta-se a gerar hipóteses, e não fazer confirmações a respeito dos dados (HAIR JUNIOR et al., 2009).

Em geral, as análises univariadas não conseguem atingir valores significativos e acabam por não levar em consideração as correlações existentes entre as variáveis. Por outro lado, as ferramentas multivariadas utilizam completa e diretamente as correlações entre as variáveis. Esse procedimento é considerado um teste eficiente

na maioria dos casos, sendo estatisticamente significativo, pelo fato de levar em consideração os menores efeitos nas variáveis (RENCHER, 2002).

2.5.1 Análise de Componentes Principais (ACP)

A ACP foi descrita inicialmente por Pearson (1901) e com o avanço da era computação Hotelling (1933, 1936) descreveu os métodos computacionais práticos com o intuito de analisar as estruturas de correlação, contribuindo na ampliação do uso da técnica nas mais diversas áreas.

A análise de componentes principais (ACP) é uma técnica estatística multivariada que transforma linearmente um conjunto original de variáveis, inicialmente correlacionadas entre si, num conjunto substancialmente menor de variáveis não correlacionadas que contém a maior parte da informação do conjunto original, tendo como objetivo reduzir a dimensionalidade dos dados que assumem posições no espaço Euclidiano. Esse novo conjunto de variáveis recebe o nome de componente principal (CP) (HAIR JÚNIOR et. al., 2009; AGUDELO-GOMÈZ et. al., 2015; HONGYU et al., 2016).

Dentre as ferramentas multivariadas, a ACP é a mais conhecida e está associada à ideia de redução de massa de dados, com menor perda possível da informação. Cada componente principal é uma combinação linear de todas as variáveis originais, são independentes entre si e estimados com o propósito de reter, em ordem de estimação, o máximo de informação, em termos da variação total contida nos dados (HONGYU et al., 2016). Essa técnica possibilita investigações com um grande número de dados disponíveis proporcionando na identificação das medidas responsáveis pela maior porcentagem da variação total dos dados (VINICI, 2005). Em geral, os componentes principais definem diferentes dimensões daquelas definidas por funções discriminantes ou variáveis canônicas, sendo frequentemente empregados como entrada para outra análise.

O primeiro componente principal (CP_1) explica o maior percentual da variância total. O segundo componente principal (CP_2) explica a segunda maior porcentagem e assim por diante, até que toda a variância é explicada. Em um conjunto de dados com p variáveis, o vetor aleatório $x' = [x_1, x_2, \dots, x_p]$ que tem matriz de correlação R com os pares autovalor-autovetor (λ_i, e_i) , para $i = 1, 2, \dots, p$, em que $\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \dots \geq \lambda_p \geq 0$ (RENCHER, 2002).

O i -ésimo componente principal é dado por

$$PC_i = e_i^t x = e_{i1}x_1 + e_{i2}x_2 + \dots + e_{ip}x_p$$

onde e_i^t é o i -ésimo autovetor e x_p é o p -ésimo valor da variável original.

Os componentes principais são calculados por meio de combinações lineares das variáveis originais com autovetores. O valor absoluto de um autovetor determina a importância das características de um componente principal. Cada autovetor é calculado a partir dos autovalores de uma matriz de correlação dos dados e os autovalores são relacionados com a variância em cada um dos componentes principais (RENCHER, 2002).

Para a escolha do componente principal, deve-se selecionar o de maior importância (o primeiro componente principal) como sendo aquele de maior variância que explique o máximo de variabilidade dos dados, o segundo componente de maior importância, a segunda maior variância e assim, sucessivamente. Para a seleção dos componentes principais que explicam a maior parte da variação no conjunto de dados são empregados vários critérios. Dentre eles, o critério proposto por Jolliffe (1972,1973), o qual consiste no descarte do componente principal que apresentar autovalor inferior a 0,7 ($\lambda_i < 0,7$), sendo passível de ser excluído, porque pouco explica a variabilidade total dos dados. Outra possibilidade é o critério de descarte proposto por Kaiser (1958), o qual inclui apenas componentes principais com autovalores maior que 1,0 ($\lambda_i > 1$), isto é, o CP que explica a maior parte da variação do conjunto de dados.

A ACP tem sido empregada em pesquisa animal, com o objetivo de reduzir um grande conjunto de características em outro menor, de sentido biológico, além de examinar as correlações entre as características estudadas, avaliar a importância de cada caráter e promover a eliminação daquelas que contribuem pouco (BARBOSA et al., 2005). Na literatura são encontrados alguns estudos utilizando-se esta técnica em diferentes espécies (YAKUBU et al., 2009) em bovinos de leite; (PAIVA et al., 2010) em aves de postura; (BIAGIOTTI et al., 2013) em ovinos; (MEIRA et al., 2013) em equinos; (ROS-FREIXEDES et al., 2014) em suínos; (SOUZA et al., 2010) em bovinos de corte; (OLIVEIRA et al., 2014b; VOHRA et al., 2015; AGUDELO-GÓMEZ et al., 2015) em búfalos.

2.5.2 Análise de Correlação Canônica (ACC)

A ACC, outro procedimento multivariado, é empregada em diversas áreas de estudos como em experimentação agrônômica e na produção animal. Esta análise está relacionada com a quantidade de relação linear entre dois conjuntos de variáveis (\mathbf{X} e \mathbf{Y}), denominados par de variáveis canônicas. Essas variáveis estatísticas canônicas, devem ser combinações lineares das variáveis dos dois vetores (\mathbf{X} e \mathbf{Y}) cujas informações estão contidas nos parâmetros e concentradas na correlação entre essas novas variáveis. Cada par de variáveis estatísticas canônicas é denominado de função canônica. O número máximo de funções canônicas que podem ser obtidas é igual ao número de variáveis do menor conjunto de dados (p ou q). O primeiro par de variáveis estatísticas canônicas é obtido de forma a apresentar o maior coeficiente em valor absoluto possível entre os caracteres do primeiro e do segundo grupo. Pode-se obter um segundo par, não correlacionado com o primeiro, que contenha o máximo de informação remanescente que não tenha sido contemplada pela explicação do primeiro par de variáveis latentes e, assim, sucessivamente (CRUZ et al., 2004; HAIR JÚNIOR et al., 2005; FERREIRA, 2008; HAIR JÚNIOR et al., 2009). A equação básica da análise de correlação canônica proposta por Cruz et al., (2004) pode ser expressa pela seguinte fórmula:

$\mathbf{X}^I = [X_1 X_2 \dots X_p]$ = vetor das medidas de p caracteres que constituem o grupo I.

$\mathbf{Y}^I = [Y_1 Y_2 \dots Y_q]$ = vetor das medidas de p caracteres que constituem o grupo II.

De acordo com Cruz et al. (2004); O objetivo estatístico é estimar a máxima correlação linear entre os grupos I e II (\mathbf{X} e \mathbf{Y}), assim como dos respectivos coeficientes de ponderação do caracteres deve-se obter a seguinte combinação linear:

$$\mathbf{X}_1 = A_1 X_1 + A_2 X_2 + \dots + A_p X_p$$

$$\mathbf{Y}_1 = B_1 Y_1 + B_2 Y_2 + \dots + B_q Y_q$$

em que:

$\mathbf{A}^1 = [A_1 A_2 \dots A_p]$ = vetor 1 x p de pesos dos caracteres do grupo I

$\mathbf{B}^1 = [B_1 B_2 \dots B_q]$ = vetor 1 x q de pesos dos caracteres do grupo II

De modo que a correlação cor (\mathbf{X}, \mathbf{Y}) seja maximizada, sendo as funções \mathbf{X}_1 e \mathbf{Y}_2 têm-se o primeiro par canônico:

$$r_1 = \frac{C\hat{o}v(X_1, Y_1)}{\sqrt{\hat{V}(X_1)\hat{V}(Y_1)}}$$

Supondo que \mathbf{X} seja uma matriz m x p e \mathbf{Y} n x q, então $\mathbf{C} = \text{cov}(\mathbf{X}, \mathbf{Y})$ ou seja, separando da matriz C em quatro partes têm-se:

$$\mathbf{C} = \begin{bmatrix} \sum_{pxp} 11 & \sum_{pxq} 12 \\ \sum_{qxq} 21 & \sum_{qxp} 22 \end{bmatrix}$$

Na análise canônica (AC) não existe a classificação de variável dependente ou independente, mas sim, dois grupos de variáveis, entre os quais se busca a máxima correlação entre eles. Essa técnica auxilia nas análises em que se têm muitas características métricas e, além disso, pode indicar quais são os fatores mais relevantes que vão determinar um tipo de resposta. Além disso, o método canônico permite analisar as inter-relações de grupos com número variado de caracteres, e as associações são possíveis de serem determinadas pela presença de no mínimo dois caracteres de importância, e são explicáveis de maneira simples através de poucas correlações (CRUZ et al., 2004). Ao contrário da regressão múltipla que prevê uma única variável dependente a partir de um conjunto de variáveis independentes múltiplas, a correlação canônica simultaneamente prevê múltiplas variáveis dependentes a partir de múltiplas variáveis independentes, sendo as correlações parciais acima de 0,70 considerada alta, indicando a presença de altas correlações entre todas as características (HAIR JÚNIOR et al., 2009).

REFERÊNCIAS

AGUDELO-GÓMEZ, D.; PINEDA-SIERRA, S.; CERÓN-MUÑOZ, M.F. Genetic evaluation of dual - purpose buffaloes (*Bubalu bubalis*) in Colombia using Principal Component Analysis. **Plos One**, July. 2015, v.10, n.7, p.1-9.

ANDRADE, V.J.; GARCIA, S.K. Padrões raciais e registro de bubalinos. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, Belo Horizonte, Jan. 2005, v.29, n.1, p.39-45. Disponível em: <<http://www.cbra.org.br>>. Acesso em: 18 Ago. 2016.

ASPILCUETA-BORQUIS, R.R. et al. Genetic parameters for buffalo milk yield and milk quality traits using Bayesian inference. **Journal of Dairy Science**, 2010, v.93, p.2195-2201.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CRIADORES DE BÚFALOS – ABCB. O Búfalo. 2016. Disponível em: <<http://www.bufalo.com.br>>. Acesso em: 10 Abr. 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CRIADORES DE BÚFALOS – ABCB. Padrão racial. 2016. Disponível em: <<http://www.bufalo.com.br>>. Acesso em: 21 Abr. 2016.

BARBOSA, L.T. et al. Associação entre qualidade da carne e características quantitativas de suínos por meio de correlação canônica. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, 2010, v.11, n.4, p.1150-1162. Disponível em: <http://www.rbspa.ufba.br>. Acesso em: 30 Set. 2017.

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

BEDOYA, J.C.G.; HERNANDEZ, J.S.G. **Bovinometría en Búfalas Murrah en siete haciendas del Departamento de Córdoba**. Monografía (Programa de grado em veterinária y Zootecnia), Córdoba, Feb., 2013, p. 74.

BERNARDES, O. Bubalinocultura no Brasil: situação e importância econômica. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, Jul./Set. 2007, v.31, n.3, p.293-298. Disponível em: <http://www.cbra.org.br>. Acesso em: 20 out. 2016.

BEZERRA JÚNIOR, J.S. et al. Análise multivariada para avaliar produção de leite, duração da lactação e intervalo de parto em búfalas In: **XI Simpósio Brasileiro de Melhoramento Animal**, 2015, Santa Maria. Anais XI Simpósio Brasileiro de Melhoramento Animal, SBMA, 2015.

BEZERRA JÚNIOR, S. et al. Produção de leite, duração da lactação e intervalo de partos em búfalas mestiças Murrah. **Revista Caatinga**, Mossoró, Abr./Jun. 2014, v.27, n.2, p.184-191.

BIAGIOTTI, D. et al. Caracterização fenotípica de ovinos da raça Santa Inês no Estado do Piauí. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, Salvador, Jan./Mar. 2013, v.14, n.1, p.29-42.

BORGHESE, A. **Buffalo Production and Research**: Reu technical series. Roma: FAO, 2005, v.67, p.1-315.

BORGHESE, A.; TERZANO; MAZZI, M. Buffalo Breeding Development in Italy. **Seminar**: Dan Lokakarya Nasional, Kerbau, 2011.

CASSIANO, L.A.P. et al. Caracterização fenotípica de raças bubalinas nacionais e do tipo Baio. **Pesquisa agropecuária Brasileira**, Brasília, 2003, v.38, n.11, p.1337-1342.

COCKRILL, R.W. **The water buffalo**: New prospects for an underutilized animal. Roma: Food and Agriculture Organization of the United Nations – FAO, 1977, p.288.

CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J.; CARNEIRO, P.C.S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 3. ed. Viçosa, editora: Universidade Federal de Viçosa, 2004, v.1, p.193-201.

DHANDA, O.P. Buffalo production scenario in Índia: opportunities and challenges. International Seminar: The Artificial Reproductive Biotechnology for Buffaloes. **Indian Council of Agricultural Research**, 2004. Disponível em: <http://www.peternakan.litbang.pertanian.go.id/fullteks/lokakarya/pbptkbo06-15.pdf>. Acesso em: 20 Abr., 2017.

ESPINOSA-NÚNÊS, Y. et al. Morfobiometría de la ubre en búfalas lecheras en rebaños del occidente de Cuba. **Revista Científica**, 2011, v.21, n.6, p.533-538.

FALCONER, H. Cat Foss. Vrt.; As. Soc, Bengal, 1895, p.230.

FERREIRA, D.F. **Estatística Multivariada**. Viçosa, 2008, editora: Universidade de Lavras, p.662.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS - FAO. Rebanho mundial. 2014. Disponível em: <<http://www.faostat3.fao.org>>. Acesso em: 20 Des. 2016.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS - FAO. Produtividade. 2015. Disponível em: <<http://www.faostat3.fao.org>>. Acesso em: 25 Des. 2016.

JOHARI, S.; KURNIANTO, E.; SUTOPO, D.W.A.H. Multivariate analysis on phenotypic traits of body measurement in swamp buffalo (*Bubalus bubalis*). **Journal Indonesian Tropical Animal Agriculture**, Indonesia, Dec. 2009, v.34, n.4, p.289-294.

HAIR JÚNIOR, F. **Análise multivariada de dados**. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.

HAIR JÚNIOR, F. **Multivariate data Analysis**. 6. ed. Porto Alegre: Bookman, 2009, p.688.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Diretoria de Pesquisas, Coordenação de Agropecuária. Pesquisa da Pecuária Municipal, 2015. Disponível em: <<http://www.biblioteca.ibge.gov.br>>. Acesso em: 16 Nov. 2016.

JOLLIFFE, I.T. Discarding variables in a principal component analysis. I: Artificial. **Journal of the Royal Statistical Society**, 1972, Series C (Applied Statistics), vol.21, n.2 p.160-173.

JOLLIFFE, I.T. Discarding variables in a principal component analysis. II: Real data. **Journal of the Royal Statistical Society**, 1973, v.22, n.1, p.21-31.

KAISER, H.F. The varimax criterion for analytic rotation in factor analysis. **Psychometrika**, 1958, v.23, n.3, p.187-200.

KERN, L.E. et al. Factor Analysis of linear type traits and their relation with longevity in Brazilian Holstein cattle. **Asian Australas. Journal Animal Science**, Jun. 2014, v.27, n.6, p.784-790.

HONGYU, K.; SANDANIELO, V.L.M.; OLIVEIRA JÚNIOR, G.J. Análise de componentes principais: resumo teórico, aplicação e interpretação. **E&S - Engineering and Science**, 2016, v.5, n.1, p.1-8.

LAGROTTA, M.R. et al. Relação entre características morfológicas e produção de leite em vacas da raça Gir. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, Abr. 2010, v.45, n.4, p.423-429.

LOPES, C.R.A. et al. Eficiência reprodutiva e influência de fatores de meio e de herança sobre a variação no peso ao nascer de bubalinos no estado de Rondônia. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 2008, v.37, n.9, p.1595-1600.

LYDEKKER, R. **Catalogue of the ungulate mammals in the Britis Museum**. Londres, 1885, v.30, n.3, p.28-29.

MALHADO, C.H.M. et al. Parâmetros e tendências da produção de leite em bubalinos da raça Murrah no Brasil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.2, p.376-379, 2007.

MALHADO, C.H.M. et al. Genetic parameters for milk yield, lactation length and calving intervals of Murrah buffaloes from Brazil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 2013, v.42, n.8, p.565-569.

MARQUES, J.R.F. et al. **Criação de Búfalo**. Coleção criar. Brasília, DF: editora Embrapa Amazônia Oriental, 1998, p.11-21.

MASON, I.L. Species, types and breeds Genetics. In: COCKRILL, R. W. (Ed.). **The Water Buffalo**. Rome: FAO, 1977.

MEIRA, C.T. et al. Seleção de características morfofuncionais de cavalos da raça Mangalarga Marchador por meio da análise de componentes principais. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, 2013, v.65, n.6, p.1843-1848.

MCMANUS, C. et al. Búfalos no Brasil. Informação Genético-Sanitária da Pecuária Brasileira. **Série técnica: Genética**, 2010. Disponível em: <<http://www.animal.unb.br>>. Acesso em: 30 Mar. 2016.

MIRZA, R.H. et al. Genetic and phenotypic correlation of some body measurements with milk yield in Nili Ravi buffaloes of Pakistan. **Journal of Animal Health and Production**, Jan. 2015, v.3, n.1, p.1-5.

OLIVEIRA, C.A et al. Pelvimetria e pelvilogia em búfalas mestiças (*Bubalus bubalis*). **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, São Paulo, 2001, v.38, n.3, p.114-121.

OLIVEIRA, D.P. et al. Caracterização morfoestrutural de fêmeas e machos jovens de ovinos naturalizados Sul-matogrossenses “Pantaneiros”. **Semina: Ciências agrárias**, Londrina, Mar./Abr. 2014a, v.35, n.2, p.973-986.

OLIVEIRA, D.P. et al. Principal components for reproductive and productive Traits in buffaloes from Brazil. **in: World Congress of Genetics Applied to Livestock Production**, 10, 2014, Vancouver, p.3-5.

PAIVA, A.L.C. et al. Análise de componentes principais em características de produção de aves de postura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 2010, v.39, p.285-288.

PEARY, J. Revisión Buffaloes. **Bulletin India**, 1990, v.9, n.1, p.9-17.

PEREIRA, J.C.C. **Melhoramento genético aplicado à produção animal**. 6. ed. Belo Horizonte, Editora: FEPMVZ, 2012, p.758.

PEREIRA, R.G.A. et al. **Eficiência reprodutiva de búfalos**. Editora: Embrapa Rondônia, Porto Velho, 2007, p.15.

RAMOS, A.A. Curso de julgamento de bubalinos para leite e carne: exterior, tipo, raça e sistemas de julgamento. **In: Encontro nacional de criadores de búfalos**, 2008, Monteria, Colômbia.

RAMOS, A.A. et al. Caracterização fenotípica e genética da produção de leite e do intervalo entre partos em bubalinos da raça Murrah. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Ago. 2006, Brasília, v.41, p.1261-1267.

REGAZZI, A.J. **Análise multivariada**. Notas de aula INF 766, Departamento de Informática da Universidade Federal de Viçosa, 2002, v.2.

RENCHER, A.C. **Methods of multivariate analysis**. 2. ed. New York: Wiley-interscience, 2002, p.708.

RENNÓ, F.P. et al. Correlações genéticas e fenotípicas entre características de conformação e produção de leite em bovinos da raça Pardo-Suíça no Brasil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 2003, v.32, n.6, p.1419-1430.

RESENDE, M.D.V. **Matemática e estatística na análise de experimentos e no melhoramento genético**. Editora: Colombo - Embrapa Floresta. Brasília, 2007, p.975.

REZENDE, M.P.G. et al. Phenotypic diversity in Buffalo cows of the Jafarabadi, Murrah, and Mediterranean breeds. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, Ago. 2017, v.52, n.8, p.663-669.

ROS-FREIXEDES, R. et al. Relationship between gilt behavior and meat quality using principal components analysis. **Meat Science**, 2014, v.96, p.264-269. Disponível em: <<http://www.elsevier.com/locate/meatsci>>. Acesso em: 12 Ago. 2017.

SAMPAIO NETO, J.C. et al. Avaliação dos desempenhos produtivo e reprodutivo de um rebanho bubalino no Estado do Ceará. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 2001, v.30, n.2, p.368-373.

SANTIAGO, A.A. **Introdução dos Búfalos no Brasil**: histórico, fundação, pioneiros importadores. Associação Brasileira de Criadores de Búfalos - ABCB, 2008. Disponível em: <<http://www.bufalo.com.br>>. Acesso em: 23 Out. 2016.

SILVA, M.M.A. et al. Persistência da lactação em búfalas da raça Murrah (*Bubalus bubalis*) exploradas no Agreste do Rio Grande do Norte. **Acta Veterinária Brasília**, 2010, v.4, n.4, p.286-293.

SILVA, R.A.D. et al. Produção de leite de vacas da raça Holandesas de pequeno, médio e grande porte. **Ciência Rural**, Santa Maria, Mar. 2011, v.41, n.3, p.501-506.

SOUZA, J. C. et al. Avaliação de características produtivas em animais da raça Nelore por meio de análise multivariada. **Revista brasileira de Ciência Veterinária**, 2010, v.17, n.3/4, p.99-103.

THOMAS, P.R; CHAKRAVARTY, A.K. Canonical correlation analysis for studying the association of breeding efficiency and breeding values with growth and reproductive traits of Murrah buffaloes. **Indian Journal Animal Research**, 2000, v.34, n.2, p.100-103.

TONHATI, H. et al. Parâmetros genéticos para a produção de leite, gordura e proteína em bubalinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 2000a, v.29, n.6, p.2051-2056.

TONHATI, H. VASCONCELLOS, F.B; ALBUQUERQUE, L.G. Genetic aspects of productive and reproductive traits in a Murrah buffalo herd in São Paulo, Brasil. **Journal Animal Breed Genetc**, 2000b, n.117, p.331-336.

UNIÃO INTERNACIONAL PARA A CONSERVAÇÃO DA NATUREZA - IUCN, 2010. Red list of Threatened Species. Disponível em: <<http://www.iucnredlist.org>>. Acesso em: 14 Ago. 2016.

VOHRA, V. et al. Phenotypic characterization and Multivariate Analysis to explain body conformation in lesser known buffalo (*Bubalus bubalis*) from North India. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, Mar. 2015, v.28, n.3, p.311-317.

WENCESLAU, A.A. et al. Estimação de parâmetros genéticos de medidas de conformação, produção de leite e idade ao primeiro parto em vacas da raça Gir leiteiro. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 2000, v.29, n.1, p.153-158.

YAKUBU, A; OGAH, D.M; IDAHOR, K.O. Principal component analysis of the morphostructural indices of white Fulani cattle. **Trakia Journal of Sciences**, 2009, v.7, n.2, p.67-73.

CAPÍTULO 2

Associação entre produção de leite, duração da lactação, primeiro intervalo de parto e intervalo de parto com a morfometria de búfalas mestiças da raça Murrah por meio de Análise multivariada

RESUMO

Objetivou-se estudar a associação entre as medidas morfométricas corporais e a produção de leite (PL), duração da lactação (DL), primeiro intervalo de parto (PRINTER) e intervalo de parto (INTER) de búfalas mestiças da raça Murrah visando dar subsídios no processo de seleção. Com o intuito de reduzir o espaço amostral foi aplicada a técnica de componentes principais (ACP) e após esse processo, foram mantidos seis componentes principais responsáveis por 94,68% da variação dos dados. Foi realizada uma análise de correlação canônica (ACC) entre o conjunto das características morfométricas corporais com outro conjunto formado pelas características produtivas e reprodutivas, visando estudar a associação entre ambos os grupos de variáveis. A primeira função canônica foi significativa ($P < 0,05$) apresentando moderada associação entre os grupos das características estudadas (0,56), indicando que ambos os grupos são considerados dependentes. O R^2 obtido na primeira função canônica foi moderado mostrando que a proporção de variância em comum das duas variáveis estatísticas canônicas foi de 0,32. Entre as características produtivas e reprodutivas, a maior carga canônica (0,49 e -0,46) e percentual da variância explicada (0,24 e 0,21) foi apresentada pela DL e PRINTER, respectivamente. Entre as características morfométricas, as maiores cargas canônicas (-0,78, -0,56 e -0,50) e percentual da variância (0,61, 0,31 e 0,25) foram obtidas para a largura do peito (LPE), comprimento corporal (CC), circunferência torácica (CIT), respectivamente. Esses resultados implicam que as medidas morfométricas corporais podem auxiliar no processo de seleção das búfalas em virtude da existência de associação entre esses grupos de características.

Palavras Chave: Análise canônica. *Bubalus bubalis*. Componentes principais. Medidas corporais

Association between milk production, length lactation, first calving interval and calving interval with the body measurements of crossbreed Murrah buffaloes by multivariate analysis

ABSTRACT

The objective of this study was to study the association between body morphometric measurements and milk production (MP), length lactation (LL), first calving interval (FCI) and calving interval (CI) of crossbreed Murrah buffaloes aiming to provide aids to selection's process. In order to reduce the sample space, the principal component analyses (PCA) was applied and after this process, six principal components were maintained, which they accounted for 94.69% of the data total variance. The Canonical Correlation Analyses (CCA) were realized among the body morphometric traits set with the productive and reproductive traits set aiming to study the association between both of the variable's groups. The first canonical function was significant ($P < 0.05$), presenting moderate association between the groups of traits studied (0.56), indicating that both groups are considered dependent. The R^2 obtained in the canonical first function was moderate showed that the variance's proportion in common of the two canonical statistic variable was 0.32. Between the productive and reproductive traits, the major canonical loading (0.49 and -0.46) and variance's perceptual explained (0.24 and 0.21) was presented by LL and FCI, respectively. Between the body measurements traits, the major canonical loading (-0.78, -0.56 and -0.50) and variance's perceptual explained (0.61, 0.31 and 0.25) was obtained by chester length (CL), body length (BL), paunch girth (PG), respectively. These results imply that the body measurements traits can be to assist in the female buffalos' selection do to the association between these trait's groups.

keywords: Canonical analysis. *Bubalus bubalis*. principal components. body measurements

1 INTRODUÇÃO

Os Búfalos primam pela sua rusticidade, adaptabilidade, longevidade, produtividade e fertilidade elevada. Esses fatores têm contribuído para a expansão da produção de leite de búfalos no Brasil, proporcionando um expressivo crescimento de unidades industriais dedicadas ao fabrico de produtos lácteos. O leite de búfalas apresenta sabor singular e tem, como um importante derivado, a *mozzarella*. Esse produto tem papel indispensável na elaboração de várias receitas *gourmet* e possui excelente aceitação no mercado mundial (BERNARDES, 2007). Para atender toda essa demanda de mercado, é necessário que os rebanhos tenham elevado potencial genético, com manejo adequado ao tipo de exploração para que se tenha bons índices na produção de leite de búfalas.

A seleção de animais produtivos considerando-se algumas medidas corporais, visando o melhoramento da produção e reprodução, pode ser um método bastante promissor em ganho genético. Existem alguns trabalhos na literatura, os quais relatam que alguns biótipos específicos, podem apresentar maior aptidão para as habilidades de produção e reprodução (THOMAS et al. 2000; WENCESLAU et al., 2000; RENNÓ et al., 2003; LAGROTTA et al., 2010; ESPINOSA-NÚÑEZ et al., 2011; SILVA et al., 2011; KERN et al., 2014). Com base nessas informações, as medidas corporais de búfalas leiteiras podem ser utilizadas para predizer o potencial e suas aptidões para a exploração comercial, como relatado por Agudelo-Gómez et al. (2015) e Espinosa-Núñez et al. (2011).

As técnicas multivariadas permitem analisar conjuntamente várias características, tendo sido bastante utilizadas na produção animal (BARBOSA et al, 2010; PAIVA et al., 2010; OLIVEIRA et al., 2014b; ROS-FREIXEDES et al. 2014 e BEZERRA JÚNIOR et al., 2015). Dentre elas, a análise de componentes principais (ACP) e análise canônica (AC) são bastante úteis na produção animal. A técnica ACP consiste em reduzir a dimensionalidade dos dados por transformação de um conjunto de variáveis correlacionadas em um novo conjunto de variáveis não correlacionadas (CRUZ et al., 2004). A partir dessa correlação linear do conjunto de variáveis, é possível identificar as variáveis que mais contribuem na expressão da variância total. Além disso, permite eliminar informações redundantes em decorrência da correlação com outras variáveis presentes na análise (REGAZZI, 2002). A técnica ACC objetiva desenvolver uma combinação linear em cada um dos conjuntos de variáveis em estudo,

tal que a correlação entre esses dois conjuntos seja maximizada. Dentro desse sentido, as análises multivariadas podem ser empregadas para estudar a relação entre medidas morfométricas e capacidade produtiva e reprodutiva dos animais, visando contribuir para a escolha de biótipos que atendam as demandas dos sistemas de produção.

O objetivo dessa pesquisa foi estudar a relação entre as medidas morfométricas corporais e características produtivas e reprodutivas em um rebanho de búfalas mestiças da raça Murrah por meio da análise multivariada visando dar subsídios aos programas de seleção desses animais.

2 MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada com as informações de medidas morfométricas, além das características produtivas e reprodutivas em um rebanho bubalino mestiço da raça Murrah, pertencente à Fazenda Castanha Grande, localizada no município de São Luiz do Quitunde, litoral Norte de Alagoas. A fazenda apresenta altitude aproximada de 10 metros, coordenadas geográficas de 9° 10'06''S e 35° 33'40''W e clima tropical chuvoso, de acordo com a classificação de Köppen.

2.1 Informações dos animais e sistema de produção

A presente pesquisa foi aprovada pela Comissão de ética no uso de animais (CEUA/UFAL) com registro N° 05/2017, para o uso de animais vivos durante o experimento. Foram tomadas as medidas morfométricas corporais em 99 búfalas mestiças da raça Murrah para o estudo de associação com as informações produtivas e reprodutivas desses animais com ordem de parto superior a um. O manejo de produção de leite das búfalas consistia na realização de duas ordenhas por dia (manhã e tarde) em ordenhadeira mecânica, com o sistema de balde ao pé, linha de vácuo canalizada e contenção feita em tandem com capacidade para 24 animais. Antes da ordenha, as búfalas permaneciam na sala de espera, onde recebiam banho de chuveiro e, posteriormente, antes da entrada na sala de ordenha, eram submetidas ao banho de imersão. Além de contribuir para a melhor qualidade do leite, essa prática tinha o objetivo de reduzir o estresse dos animais e, conseqüentemente, contribuir para o aumento da produção.

Durante a lactação, os animais eram criados em sistema semi-intensivo onde eram mantidos em pasto de *Braquiária humidícula* e recebiam no cocho, como volumoso, a parte aérea da cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*) ou cana-de-açúcar inteira. Ambas eram enriquecidas com uréia, tanto *in natura*, quanto na forma de silagem. Além disso, era fornecida uma suplementação mineral e ração balanceada. A ração era fornecida na seguinte proporção: búfalas com médias de produção entre 5 a 7,5 kg de leite/dia recebiam 1kg de ração/dia; búfalas com produção entre 8 a 10,5 kg de leite/dia recebiam 2 kg de ração.

2.2 Características estudadas

2.2.1 Características produtivas e reprodutivas

Foram estudadas as informações de produção de leite (PL) - média das produções de leite por cada ciclo de produção do animal, duração da lactação (DL) - média do período em dias de produção de leite de cada búfala, intervalo de parto (INTER) - média do período compreendido entre dois partos consecutivos e primeiro intervalo de parto (PRINTER) - período entre o primeiro e o segundo parto.

2.2.2 Características morfométricas

As medidas morfométricas estudadas foram: largura do peito (LPE); largura das articulações coxas-femorais (LACF); largura nas ancas (LANC); largura da garupa (LGA); comprimento da garupa (COGA); profundidade do animal (PAN); comprimento do corpo (CC); altura do anterior (AA); altura do posterior (AP); largura do ombro (LOM); largura do tórax (LTOR); largura do lombo (LLO); comprimento occipto-isquial (COI) e circunferência torácico (CIT); comprimento da orelha (CORE); largura da orelha (LORE); comprimento da cara (COCAR); largura da cara (LCAR); comprimento da cabeça (COCAB).

2.3 Metodologia empregada para a tomada das medidas morfométricas

Para a postura correta dos animais durante as mensurações, seguiu-se a metodologia aplicada por Wenceslau et al. (2000) e Gusmão Filho et al. (2009), em que todas as medidas corporais foram realizadas nas búfalas em superfície plana e antes da ordenha. Durante a mensuração, o animal foi mantido com os membros anteriores e posteriores bem apoiados ao chão. Em todos os casos foi tomado o cuidado para posicionar corretamente os animais, com a cabeça erguida. Todas as medidas foram tomadas na unidade de centímetros, as medidas foram tomadas por um mesmo observador e sempre do lado esquerdo do animal, com o objetivo de manter o mesmo padrão de mensuração. Foram utilizados os equipamentos: fitas métricas (Figuras 1), trena métrica (Figura 2) e paquímetro adequado para medição de animais de grande porte (Figura 3).



Figura 1. Fita métrica utilizada na tomada das medidas corporais.
Fonte: Melo, 2017



Figura 2. Trena métrica utilizada na tomada das medidas corporais.
Fonte: Melo, 2017



Figura 3. Paquímetro apropriado para mensuração em animais
Fonte: Melo, 2017

As medidas morfométricas foram reunidas em dois grupos de acordo com a região do corpo. Grupo (1): medidas corporais e grupo (2): medidas craniais. As medidas corporais das búfalas foram obtidas seguindo as metodologias empregadas em estudos morfométricos em algumas espécies de animais domésticos como em: Cyrillo et al. (2001) e Carvalho et al. (2010) em estudos realizados com bovinos de

corte; Wenceslau et al. (2000) e Lagrotta et al. (2010) em experimentos com vacas da raça Gir leiteira; Oliveira et al. (2014a) trabalhando com ovinos, e por Oliveira et al. (2001), Johari et al. (2009), Mirza et al. (2015), Vohra et al. (2015) e Rezende et al. (2017) em estudos sobre as características fenotípicas de búfalos.

As características do grupo (1) foram: Largura do peito (LPE) - distância em linha reta entre os pontos atrás das espáduas ou na metade da profundidade do tórax (Figura 4); largura das articulações coxas-femorais (LACF) - distância entre os ângulos externos nas articulações coxa-femorais; largura nas ancas (LANC) - distância tomada entre dois pontos situados no meio dos costados; largura da garupa (LGA) - medida da ponta do ísquio do lado esquerdo à ponta do ísquio do lado direito (Figura 5); comprimento da garupa (COGA) - tomada lateralmente entre a ponta do íleo e a ponta do ísquio; profundidade animal (PAN) - medida tomada em linha reta vertical do encontro da última vértebra torácica com a primeira vértebra lombar até a região umbilical; comprimento do corpo (CC) - é a diagonal do corpo com início na ponta inferior da escápula e término na ponta do ísquio; altura do anterior (AA) - dada pela distância entre a região da cernelha e a extremidade distal do membro anterior; altura do posterior (AP) - distância entre a tuberosidade sacra e a extremidade distal do membro posterior (Figura 6); largura dos ombros (LOM) - medida tomada na ponta da escápula direita à escápula esquerda em linha reta; largura do tórax (LTOR) - distância entre as duas linhas laterais que passam pelos ângulos dorsais das escápulas; largura do lombo (LLO) - medida tomada no encontro entre a vértebra torácica e lombar (região do flanco direito ao flanco esquerdo), Figura 5; comprimento occipital-isquial (COI) - distância entre a protuberância occipital (marrafa) até a tuberosidade isquiática e circunferência torácica (CIT) - tomada pelo contorno do tórax passando pelo cilhadouro e voltando perpendicularmente à linha do dorso (Figura 6).

As características do grupo (2) foram: comprimento da orelha (CORE) - medida que compreende a extensão desde a base de fixação ao crânio, seguindo a linha central até a ponta da extremidade livre; largura da orelha (LORE) - distância medida entre ambas as bordas na largura maior da orelha; comprimento da cara (COCAR) - distância entre a cavidade nasal e o vértice superior da arcada orbital; largura da cara (LCAR) - distância entre as faces externas das arcadas orbitárias; comprimento da cabeça (COCAB) - medida desde o occipital até o lábio inferior (Figura 7).



Figura 4. Largura do peito.
Fonte: Melo, 2017

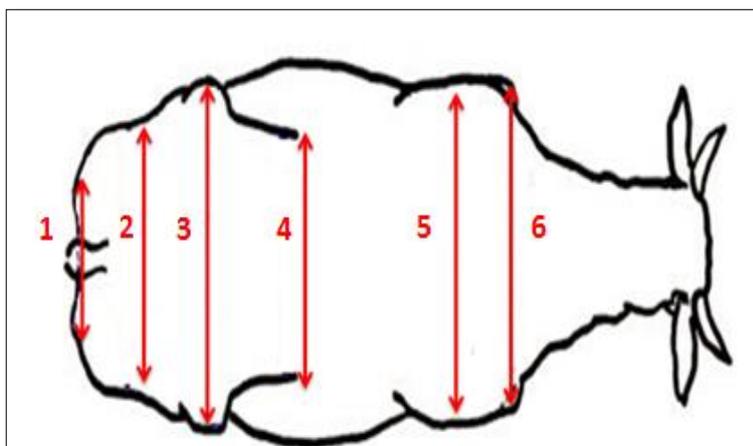


Figura 5. Ilustração das medidas corporais. 1-Largura da garupa, 2-largura das ancas, 3 - largura nas articulações coxas-femorais, 4 - largura do lombo e 5 - largura do tórax e 6 - largura dos ombros.

Fonte: Foto disponível em: www.ebah.com.br; adaptado por Melo, 2017

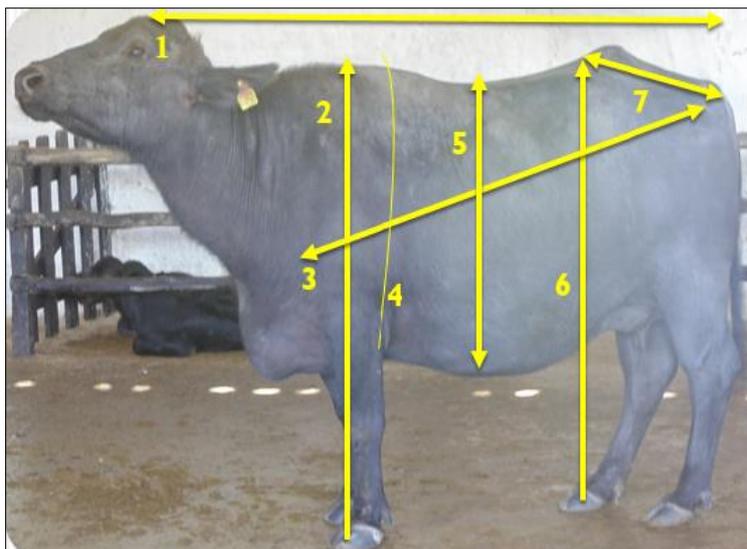


Figura 6. Medidas corporais: 1-comprimento occipito-íscual, 2- altura do anterior, 3-comprimento corporal, 4- Perímetro torácico, 5-profundidade do animal, 6-altura do anterior, 7- comprimento da garupa.
Fonte: Melo, 2017

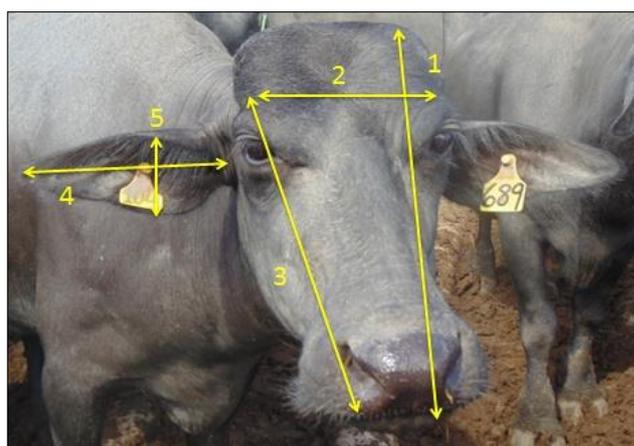


Figura 7. Medidas de cabeça: 1-Comprimento da cabeça, 2-largura da cara, 3-comprimento da cara, 4- comprimento da orelha e 5-largura da orelha.
Fonte: Melo, 2017

2.4 Análise estatística

Inicialmente foram realizadas análises descritivas de todas as variáveis: produtivas, reprodutivas e medidas corporais. Para a realização das análises descritivas das características PL, DL, INTER e PRINTER foi utilizado um banco de dados constituído por 501 registros de produção de leite, oriundos de 99 búfalas, cuja ordem de parto variou de 1 a 11.

Para as análises multivariadas, o banco de dados foi constituído pelas medidas corporais morfométricas, PRINTER, além dos valores médios de PL, DL e INTER de cada 99 búfalas. No momento da coleta das medidas corporais das búfalas, havia fêmeas vazias e gestantes (do primeiro ao terceiro terço gestacional). Sendo assim, as informações foram agrupadas em categorias de acordo com os diferentes estágios fisiológicos das búfalas: Categoria 1 - período entre a concepção e 90 dias após a concepção; Categoria 2 - período entre 90 e 180 dias após a concepção; Categoria 3 - período entre 180 e 270 dias após a concepção e Categoria 4 - período entre o parto e a concepção (Fig. 1, Sup.).

Após a identificação dessas possíveis fontes de variação, foram realizadas análises preliminares com a inclusão desses efeitos, ordem de parto e estágio fisiológico das búfalas, objetivando-se a correção das variáveis estudadas para esses fatores. Os resultados preliminares mostraram que esses efeitos não foram significativos ($P > 0,01$) e, portanto, não foram considerados nas análises posteriores (Tab. 1, Sup.).

Posteriormente, foram realizadas as análises multivariadas de componentes principais e análise de correlação canônica, com o objetivo de estudar conjuntamente as características pertencentes ao grupo de medidas corporais e características produtivas e reprodutivas. Essas análises foram realizadas com o conjunto de dados contendo 99 registros de medidas corporais, além dos desempenhos médios dos animais de acordo com a PL, DL, INTER e PRINTER.

Todas as análises estatísticas foram implementadas utilizando-se algoritmos disponíveis no software R 3.4.0 (R core Team 2017).

2.4.1 Análise de Componentes Principais (ACP)

Para seleção dos componentes principais que explicam a maior parte da variação no conjunto de dados, foi aplicado o critério de Jolliffe (1972,1973). Esse critério consistia na exclusão do componente principal com autovalor inferior a 0.7, porque apresentava pequena contribuição para explicar a variabilidade total dos dados. As características com maior coeficiente de ponderação em valor absoluto, correlacionadas com os últimos componentes excluídos, foram descartadas.

2.4.2 Análise de correlação canônica (ACC)

A ACC foi realizada para verificar a existência de associações entre o grupo de características produtivas e reprodutivas (Produção de leite, duração da lactação, intervalo de parto e primeiro intervalo de parto) e o grupo formado pelas características morfométricas.

O primeiro passo nessa análise foi verificar a existência de multicolinearidade entre as variáveis. Para isso, verificou-se o *VIF_j* (fator de inflação da variância) da seguinte forma:

$$VIF_j = \frac{1}{1 - R_j^2}$$

em que R_j^2 é o coeficiente de determinação de x_j sobre as outras variáveis explicativas. O $VIF_j > 10$ como um valor problemático na estimação dos coeficientes de regressão e as variáveis que possuem esses valores devem ser analisadas e retiradas (DRAPER et al., 1998; KUTNER et al., 2004). Posteriormente, foram estimadas as correlações lineares simples entre as variáveis dos dois grupos de características estudadas. Para isso, utilizou-se o teste multivariado de significância Lambda de Wilks (aproximação da distribuição F) para avaliar a significância das raízes canônicas conjuntamente.

Foram estimadas as cargas canônicas, ou seja, as correlações entre as variáveis originais e suas respectivas variáveis estatísticas canônicas e as cargas canônicas cruzadas que representam a correlação entre uma variável original de um determinado grupo e a variável estatística canônica do outro grupo.

As aproximações para a discriminação dos indivíduos basearam-se na distância de Mahalanobis. Assim, foram obtidas variáveis compostas, denominadas raízes canônicas ou funções discriminantes, a partir da combinação dos dados das variáveis originais. Cada raiz canônica consiste numa combinação linear (**Z**) das variáveis independentes (**Y_i**), de modo a maximizar a correlação entre **Z** e **Y_i**.

Para determinar o total de variância explicada de um grupo de variáveis dependentes e independentes estudadas, pelas variáveis estatísticas canônicas do outro grupo, foi elevada a correlação canônica ao quadrado (R^2 canônico). O mesmo foi realizado para as cargas canônicas cruzadas, cargas canônicas quadradas e cargas canônicas cruzadas quadradas com o intuito de estimar as variâncias compartilhadas

explicadas entre a variável dependente ou independente, observada com a variável estatística canônica oposta (PROTÁSIO et al., 2012).

Em seguida foi determinado o índice de redundância obtido pela multiplicação entre a carga canônica quadrada média e o R^2 canônico. O índice de redundância expressa a quantidade de variância em uma variável estatística canônica (dependente ou independente) explicada pela outra variável estatística canônica na função canônica. Para se obter um elevado índice de redundância, deve-se ter uma alta correlação canônica e um alto grau de variância compartilhada explicada pela variável estatística canônica. Deve-se considerar o índice de redundância para superar o viés e a incerteza inerentes ao uso de raízes canônicas (correlações canônicas ao quadrado) como uma medida de variância compartilhada (HAIR JÚNIOR et al., 2009).

Os procedimentos utilizados para as análises estatísticas canônicas tiveram como base os trabalhos dos autores (TRUGILHO et al., 2003; CRUZ et al., 2004; FERREIRA, 2008; HAIR JÚNIOR et al., 2009; PROTÁSIO et al., 2012).

3 RESULTADO E DISCUSSÕES

3.1 Características produtivas e reprodutivas

Na Tabela 1 estão apresentados os resultados da análise descritiva das características de PL, DL, INTER e PRINTER das búfalas. A média de PL para o rebanho em análise foi de 2.167 kg/lactação. Valores semelhantes foram registrados por Sampaio Neto et al. (2001) e Bezerra Júnior et al. (2014), 2.130 e 2.200 kg, respectivamente. Em pesquisas com búfalas da raça Murrah e mestiças, Tonhati et al. (2000a), Ramos et al. (2006), Rodrigues et al. (2010), Silva et al. (2010), Aspilcueta-Borquis et al. (2010), Malhado et al. (2013), Barros et al., (2016) relataram valores inferiores para PL, os quais foram 1.496, 1.650, 1.663; 1.635, 1.814, 1.631, 1.872 kg por lactação, respectivamente. Essa variação na média de PL entre os rebanhos bubalinos leiteiros pode ser explicada pelos fatores genéticos e ambientais. Os fatores relacionados ao ambiente possuem diferentes fontes de variação, dentre elas, as diferenças dos sistemas de produção e diferenças nos parâmetros que refletem as condições climáticas de cada região.

Tabela 1. Análise descritiva das características de PL (kg/lactação), DL (dias), INTER (dias) e PRINTER (dias) em búfalas mestiças da raça Murrah no Estado de Alagoas

Variável	n	μ	s	Mín	Máx
PL	501	2.167,37	584,72	858,75	3.870,25
DL	500	278,40	54,48	150,00	453,00
INTER	465	433,85	93,66	322,00	802,00
PRINTER	99	489,20	117,00	334,00	930,00

n - Número de informações, μ - média, s - desvio padrão, Mín - mínimo, Máx - máximo, PL – produção de leite, DL – duração da lactação, INTER – intervalo de parto e PRINTER – primeiro intervalo de parto.
Fonte: Melo, 2017

A média da DL das búfalas foi de 278,40 dias de lactação, valor semelhante àquele (271 dias) registrado por Tonhati et al. (2000a). Por outro lado, Rodrigues et al. (2010), Malhado et al. (2013) e Barros et al. (2016) registraram os valores de 269, 265 e 258 dias de lactação, respectivamente. Enquanto que, Sampaio Neto et al. (2001) e Bezerra Júnior et al. (2014), estimaram as médias superiores para DL em 301 e 282 dias, respectivamente, em búfalas Murrah e mestiças.

Essa característica além dos fatores genéticos, é fortemente influenciada pelo manejo praticado no rebanho. Em geral, maiores valores de DL ocorrem em búfalas paridas em época de menor disponibilidade de alimentos, sendo necessária uma maior

suplementação alimentar para garantir a permanência dos animais em lactação (SAMPAIO NETO et al., 2001).

O INTER médio das búfalas em estudo foi de 433,82 dias, enquanto que Lopes et al. (2008) em búfalas mestiças Murrah x Mediterrâneo relataram o valor superior de 451 dias para o INTER. Por outro lado, os valores de 385, 430, 361 e 422 dias de INTER em animais Murrah e mestiços foram relatados por Tonhati et al. (2000a), Sampaio Neto et al. (2001), Ramos et al. (2006) e Bezerra Júnior. et al. (2014), respectivamente. Essa característica é estreitamente relacionada com a eficiência reprodutiva das búfalas. Intervalo de partos curtos refletem maior potencial de produção de crias das fêmeas durante sua vida útil. Além disso, menores INTER contribuem para a obtenção de maior progresso genético do rebanho.

A média do PRINTER foi de 489,20 dias. Essa característica é expressa em valor real, pois não se repete na vida da fêmea, sendo de suma importância para os programas de seleção das búfalas. Isto por que é altamente correlacionada com os intervalos de partos futuros da fêmea, mas pode ser obtida logo no primeiro ciclo produtivo do animal, sendo medida precocemente, contribuindo para maior resposta à seleção. Cassiano et al. (2003), em búfalas das raças Mediterrânea, Jafarabad, Carabao e Murrah, obtiveram valor médio para PRINTER de 501 dias.

3.2 Características morfométricas

Os resultados das análises descritivas das medidas corporais das búfalas (Tabela 2) mostraram que os coeficientes de variação (CV) variaram de 3,65 a 16,68%. A média da LPE foi de 43,76 cm, e a importância dessa é evidente em virtude de sua associação com a habilidade de respiração do animal. De acordo com Ramos et al. (2008), a largura do peito nos búfalos deve ser ampla, pois reflete a capacidade respiratória, e aqueles muito estreitos são considerados indesejáveis. Esses resultados mostram que as búfalas possuem peito largo e amplo e, portanto, uma boa habilidade respiratória.

Tabela 2. Análise descritiva das medidas morfométricas corporais de búfalas mestiças da raça Murrah no Estado de Alagoas

Variável	n	μ	s	Min	Max	CV
LPE	99	43,72	5,21	32,00	54,00	11,92
LACF	99	51,42	5,37	40,00	63,00	10,44
LANC	99	39,99	5,62	25,00	56,00	14,04
LGA	99	25,38	4,23	17,00	38,00	16,68
COGA	99	39,78	4,14	32,00	56,00	10,41
PAN	96	71,72	6,06	55,00	88,00	8,45
CC	99	143,07	8,43	120,00	162,00	5,89
AA	99	130,05	5,04	116,00	148,00	3,87
AP	95	130,80	4,78	119,70	143,00	3,65
LOM	98	33,00	4,43	14,00	42,00	13,44
LTOR	98	35,25	4,32	25,00	44,00	12,25
LLO	99	37,79	4,79	28,00	52,00	12,69
COI	98	180,15	19,46	19,40	204,00	10,80
CIT	98	201,30	8,10	180,00	223,00	4,02

n - número de informações, μ - média, s - desvio padrão, Min - valor mínimo, Max - valor máximo e CV - coeficiente de variação em %; LPE, largura do peito; LACF, largura das articulações coxas femorais; LANC, largura da anca; LGA, largura da garupa; COGA, comprimento da garupa; PAN, profundidade animal; CC, comprimento do corpo; AA, altura do anterior; AP, altura do posterior; LOM, largura do ombro; LTOR, largura do tórax; LLO, largura do lombo; COI, comprimento occipto-isquial; CIT, circunferência torácica.

Fonte: Melo, 2017

Para a LACF foi observada uma média de 51,42 cm (Tabela 2). Em búfalas da raça Gojri Vohra et al. (2015) obtiveram valor médio para LACF de 53,6 cm. Valores superiores em búfalas mestiças da raça Murrah (59,0 cm), búfalas da raça Nili Ravi (56,9 cm) e búfalas Murrah (58,9 cm), foram reportados por Oliveira et al. (2001), Ahmad et al. (2013) e Rezende et al. (2017), respectivamente. A região da largura das articulações coxas femorais é responsável pelas estruturas de locomoção dos animais e constituição dos ângulos da garupa. Segundo Ramos (2008), as coxas devem ser amplas, longas e com boa musculatura. Uma boa constituição dessa região proporciona uma boa angulosidade da região sacral, possibilitando que a garupa seja levemente inclinada e horizontal. Além disso, essa região é muito importante para uma boa habilidade reprodutiva das fêmeas.

A média da LANC foi 39,9 cm (Tabela 2). Bedoya & Hernandez (2013) em búfalas da raça Murrah na Colômbia registraram valor médio de 44 cm de largura. Segundo esses autores, as larguras das ancas estão fortemente relacionadas com o desenvolvimento ponderal dos búfalos contribuindo para maior rendimento na produção de cortes nobres em animais de corte. Além disso, ancas mais largas proporcionam boa

habilidade reprodutiva das fêmeas, no que diz respeito ao desenvolvimento fetal e habilidade para partos naturais.

A média da LGA das búfalas foi de 25,38 cm (Tabela 2). Valores médios de 24 e 27 cm, foram reportados por Bedoya & Hernandez (2013) e Vohra et al. (2015), respectivamente. Entretanto, valor inferior (20 cm) para LGA foi observado por Kocamam et al. (2013) em búfalos de rio em Istanbul. Por outro lado, valores superiores aos obtidos na presente pesquisa, 49 e 32 cm para LGA foram registrados por Andréa et al. (2010) e Rezende et al. (2017), respectivamente em búfalas da raça Murrah no Brasil. A LGA das búfalas em estudo pode ser considerada de média a larga, o que confere uma boa capacidade reprodutiva desses animais. De acordo com Ramos (2008), é nesta região que está inserido os órgãos reprodutivos da fêmea, em particular o útero. Uma maior amplitude de garupa vai proporcionar maior desenvolvimento uterino, enquanto que, búfalas com garupa estreita são mais propensas a apresentarem dificuldades durante o parto. Entretanto, fêmeas com garupas muito largas, em geral são animais muito pesados, por conseguinte menos eficientes e com menor longevidade. Além da função reprodutiva, a garupa é uma estrutura importante para a locomoção das búfalas.

A média do COGA foi de 39,78 cm (Tabela 2). Ahmad et al. (2013), em búfalos da raça Nili Ravi no Paquistão registraram média de 30,20 cm para COGA, enquanto que Dhillod et al. (2017), em búfalos da raça Murrah na Índia, obtiveram valor médio de 39 cm para COGA.

A média do PAN encontrada foi de 71,72 cm (Tabela 2). Este resultado indica que as búfalas são animais profundos. De acordo com Ramos (2008), animais profundos apresentam um bom desempenho produtivo e reprodutivo sendo mais pronunciado nas raças aptas para a produção de carne. Animais profundos apresentam saúde, vigor, ossatura forte e seca, e com boa capacidade de gestação.

O CC médio foi de 143,07 cm (Tabela 2). Valores de 142, 140, 140 e 146 cm de CC foram obtidos por Andréa et al. (2010) em búfalas da raça Murrah, Ahmad et al. (2013) na raça Nili Ravi, Khan et al. (2013) na raça Azikheli e Kocaman et al. (2017) na raça Nili Ravi, respectivamente. Entretanto, médias superiores para CC (156 e 152 cm) foram relatadas por Mirza et al. (2015) e Dhillod et al. (2017), respectivamente em búfalos da raça Murrah.

As médias de AA e AP foram 130,05 e 130,80 cm, respectivamente (Tabela 2). Estes resultados indicam que as búfalas do presente estudo possuem estatura

mediana, o que lhes confere uma conformação de médio porte. Khan et al. (2013), em animais da raça Azikheli no Paquistão, registraram as médias de AA e AP, em 131,35 e 123,41 cm, respectivamente. Enquanto que Vohra et al. (2015), na raça Gojri na Índia, obtiveram média de 128,66 cm para AA. Por outro lado, Andréa et al. (2010) e Rezende et al. (2017), obtiveram os valores de 139 e 133 cm para AA na raça Murrah. Bedoya & Hernandez (2013) na Colômbia, relataram os valores de 134,50 e 137,89 cm para AA e AP, respectivamente, e Dhillod et al. (2017) no Paquistão, o valor médio de 135 cm para AA. Em búfalos de rio em Istanbul, Kocaman et al. (2017) também observaram médias superiores à da presente pesquisa para AA e AP, 137,10 e 132,50 cm, respectivamente.

As médias para as LOM e LLO registradas foram 33,00 e 37,79 cm, respectivamente (Tabela 2). As características LOM e LTOR são importantes regiões pois estão relacionadas com as atividades respiratória, digestiva e funções metabólicas nos animais, sendo desejável as ligações harmônicas com as costelas torácicas, contribuindo para melhor desempenho dessas funções. Ramos (2008) ressalta que essas regiões devem ser profundas e amplas, principalmente nas costelas dianteiras, conferindo boa capacidade respiratória e digestiva. Além disso, costelas abertas, curvadas e largas são importantes para expressar a capacidade corporal em animais leiteiros. Apesar do lombo está associado as características de corte, esta região também deve ser ampla e ligada de forma harmoniosa com a caixa torácica do animal, apresentando-se em linha reta e horizontal, sendo curto e largo. É desejável que o lombo seja forte, com vértebras lombares bem definidas e unidas de forma harmoniosa ao composto de garupa.

A média do COI foi de 180,15 cm (Tabela 2), indicando que as búfalas da presente pesquisa apresentam a linha diagonal longa, sendo, portanto, considerados animais longos. A média de CIT registrada no presente estudo foi de 201,30 cm (Tabela 1). Média inferior para CIT de 187 cm foi registrado por Oliveira et al. (2001), em búfalas mestiças da raça Murrah. De acordo com Ramos (2008), uma ampla circunferência do tórax confere uma boa capacidade digestiva. Nela está localizado o costado, que dá forma a parede da caixa torácica, onde se encontram também os órgãos digestivos sendo o ideal ser longa, arredondada e profunda.

As médias das características da cabeça das búfalas em estudo são apresentadas na Tabela 3. As médias de COORE e LORE foram 21,87 e 12,12 cm, respectivamente. O valor médio de COORE corrobora com aquele obtido por Khan et

al. (2013), os quais apresentaram uma média de 21,39 cm em búfalas da raça Azikheli. Entretanto, esses autores relataram valor médio de 16,46 cm para LORE, superior aos resultados obtidos no presente estudo. Medidas superiores de COORE, 29,50 e 28,76 cm foram reportadas por Javed et al. (2013) em búfalos da raça Nili - Ravi e Vohra et al. (2015) em búfalas da raça Gojri, respectivamente.

Tabela 3. Análise descritiva das medidas morfométricas da cabeça de búfalas mestiças da raça Murrah no Estado de Alagoas

Variável	n	μ	s	Min	Max	CV
COORE	99	21,87	2,11	11,00	30,00	9,66
LORE	99	12,12	0,97	9,00	15,00	8,02
COCAB	99	51,36	5,71	40,00	97,00	11,12
COCAR	99	37,38	3,75	24,00	45,00	10,03
LCAR	99	19,74	1,59	14,00	24,00	8,08

n – número de informações, μ - média, s – desvio padrão, Min - valor mínimo, Max – valor máximo e CV – coeficiente de variação (%), COORE, comprimento da orelha; LORE, largura da orelha; COCAB, comprimento da cabeça; COCAR, comprimento da cara e LCAR, largura da cara.

Fonte: Melo, 2017

A média de COCAB foi 51,36 cm (Tabela 3). Khan et al. (2013) em búfalas da raça Aziheli e Vohra et al. (2015) em búfalos da raça Gojri obtiveram valores médios de 52,45 e 48,58 cm, respectivamente. Ramos (2008) ressalta que a conformação, tamanho e aparência da cabeça dos búfalos têm importante papel na descrição do padrão racial nos bubalinos. Principalmente, por que na cabeça estão presentes os chifres, uma das características mais marcantes para definição do padrão racial dessa espécie. De modo geral, o padrão desejado para o tamanho da cabeça nos bubalinos é que seja de pequena a moderada.

As médias de COCAR e LCAR foram 37,38 e 19,74 cm, respectivamente, Tabela 3. Khan et al. (2013), em búfalos da raça Aziheli, registraram médias para COCAR em 52,45 cm e para LCAR em 22,33 cm. Enquanto que, Vohra et al. (2015) em búfalas da raça Gojri, relataram média de LCAR em 20,37 cm. Ramos (2008) ressalta que a conformação, tamanho e aparência da cabeça dos búfalos têm importante papel na descrição do padrão racial nos bubalinos. Principalmente, por que na cabeça estão presentes os chifres, uma das características mais marcantes para definição do padrão racial dessa espécie. De modo geral, o padrão desejado para o tamanho da cabeça nos bubalinos é que seja de pequena a moderada.

As médias de COCAR e LCAR foram 37,38 e 19,74 cm, respectivamente. Khan et al. (2013), em búfalos da raça Aziheli, registraram médias para COCAR em 52,45 cm

e para LCAR em 22,33 cm. Enquanto que, Vohra et al. (2015) em búfalas da raça Gojri, relataram média de LCAR em 20,37 cm.

3.3 Correlação entre as medidas morfométricas

As correlações entre as medidas morfométricas corporais variaram de -0,04 a 0,74 (Tabela 4, Figura 1 Supl.) e apenas 10% foram significativas ($P < 0,01$). Dentre essas, as maiores correlações foram LOM/LTOR (0,74), LC/LANC (0,69), AP/PT (0,68), LANC/LGA (0,66), AA/AP (0,65) e LC/LGA (0,64).

A correlação entre LOM/LTOR (0,74) indica que quanto maior a largura dos ombros, maior será a largura do tórax das búfalas, conferindo-lhes boa capacidade respiratória, fator importante para que o animal tenha um bom desempenho metabólico, Tabela 4.

A correlação entre LACF e LANC foi 0,69, apresentando, portanto, uma estreita relação entre essas medidas, Tabela 4. Isso era esperado, por que a LANC (medida da distância entre as ancas) está contida na medida de LACF (distância entre os ângulos externos das articulações coxa-femorais das búfalas). A escolha de fêmeas baseada em apenas uma delas, trará benefícios para a outra também.

A relação entre AP/PT (0,68, Tabela 4), de acordo com os resultados foi moderada indicando que quanto maior a altura do posterior, maior será o perímetro torácico das fêmeas. Houve também moderada correlação entre LANC/LGA (0,66, Tabela 3), mostrando haver associação entre as larguras das ancas e da garupa, e harmonia corporal das búfalas. A correlação entre AA/AP (0,65, Tabela 4) também foi moderada refletindo a existência de linearidade dos animais. As correlações entre CC/AA e LGA/COGA foram de 0,37 ($P < 0,05$) e 0,13 ($P > 0,05$), respectivamente, Tabela 4. Esses resultados diferiram daqueles obtidos por Kocaman et al. (2017) de 0,66 e 0,89, respectivamente.

As correlações para as características LACF/LGA e LACF/CC, foram 0,64 ($P < 0,01$) e 0,47 ($P > 0,05$), respectivamente, Tabela 4. Esses valores foram distintos das correlações entre LACF/LGA e LACF/CC (0,91 e 0,57, respectivamente) relatadas por Andréa et al. (2010) em búfalos da raça Murrah. Entretanto, a correlação entre LACF/CC estimada nessa pesquisa (0,47) foi próxima àquela (0,44), apresentada por Dhillod et al. (2017) na mesma raça bubalina em estudo.

Com relação à associação entre as medidas morfométricas da cabeça nos bubalinos, essas podem auxiliar na descrição e caracterização das diferentes raças de búfalos existentes. Os resultados mostraram que apenas duas correlações foram significativas, COORE/LORE e COCAB/COCAR, as quais apresentaram valor semelhante entre si, 0,40 ($P < 0,01$), Tabela 5. Esses resultados sugerem não haver relação forte entre os comprimentos da orelha e da cabeça com as respectivas, largura de orelha e comprimento de cara.

As correlações entre COORE/COCAR e COORE/LCAR foram 0,12 ($P > 0,05$) e -0,04 ($P > 0,05$), respectivamente, Tabela 5. Esses valores foram bem distintos daqueles obtidos por Vohra et al. (2015) em búfalas da raça Gojri, cujos valores das correlação COORE/COCAR e COORE/LCAR foram 0,33 e 0,17, respectivamente.

Tabela 4. Correlação fenotípica das medidas corporais de búfalas mestiças da raça Murrah no Estado de Alagoas

	LPE	LOM	LTOR	LLO	LACF	LANC	LGA	COGA	PAN	CC	COI	AA	AP	CIT
LPE	1,00	0,03	-0,23	-0,40**	-0,33	-0,09	-0,28	-0,09	-0,37**	0,001	0,12	-0,01	0,19	0,31
LOM		1,00	0,74**	0,27	0,24	0,30	0,17	-0,04	0,05	0,13	0,06	0,20	0,34	0,49**
LTOR			1,00	0,53**	0,52**	0,48**	0,32	0,02	0,20	0,21	0,02	0,21	0,23	0,29
LLO				1,00	0,49**	0,46**	0,45**	0,30	0,47**	0,13	-0,01	0,22	0,12	0,15
LACF					1,00	0,69**	0,64**	0,11	0,49**	0,47	0,21	0,38	0,15	0,15
LANC						1,00	0,66**	0,25	0,19	0,25	0,21	0,29	0,09	0,20
LGA							1,00	0,13	0,32**	0,08	0,08	0,30	0,01	0,15
COGA								1,00	0,49**	0,24	0,13	0,20	0,09	0,16
PAN									1,00	0,44	0,25	0,33	0,15	0,08
CC										1,00	0,35*	0,37*	0,28	0,24
COI											1,00	0,07	0,03	0,14
AA												1,00	0,65**	0,49**
AP													1,00	0,68**
CIT														1,00

** Significativo a 1% (P -valor $<0,01$); * Significativo a 5% (P -valor $<0,05$); LPE, largura do peito; LOM, largura do ombro; LTOR, largura do tórax; LLO, largura do lombo; LACF, largura das articulações coxas femorais; LANC, largura da anca; LGA, largura da garupa; COGA, comprimento da garupa; PAN, profundidade animal; CC, comprimento do corpo; COI, comprimento occipto-isquial; AA, altura do anterior; AP, altura do posterior; CIT, circunferência torácica.

Fonte: Melo, 2017

Tabela 5. Correlação fenotípica das características morfométricas de cabeça de búfalas mestiças da raça Murrah do Estado de Alagoas

	COORE	LORE	COCAB	COCAR	LCAR
COORE	1,00	0,40**	0,14	0,12	-0,04
LORE		1,00	-0,07	0,04	-0,11
COCAB			1,00	0,40**	0,07
COCAR				1,00	-0,20
LCAR					1,00

**Significativo a 1% (P -valor $<0,01$); * Significativo a 5% (P -valor $<0,05$). COORE, comprimento da orelha; LORE, largura da orelha; COCAB, comprimento da cabeça; COCAR, comprimento da cara e LCAR, largura da cara.

Fonte: Melo, 2017

3.4 Análises de Componentes principais

3.4.1 Estudo dos CP das medidas morfométricas corporais

A ACP objetivou reduzir o espaço amostral das variáveis em estudo, selecionando os componentes principais capazes de expressar a maior parte da variância dos dados. O resumo da ACP, os componentes principais (CP's), os autovalores (λ_i) e as percentagens da variância explicada para as características de medidas morfométricas corporais são apresentados na Tabela 6. Os resultados mostraram de 14 CP's, foram mantidos os 6 primeiros componentes, os quais explicaram 94,68% da variação total. Esse critério de escolha foi baseado no método de descarte proposto por Jolliffe (1972, 1973), o qual consiste no descarte dos componentes principais que apresentarem autovalores menores que 0,70 ($\lambda < 0,7$), em virtude de explicar muito pouco da variabilidade dos dados.

No Scree plot pode ser observada a contribuição de cada componente principal para a variação total (Figura 8). Os seis primeiros CP's, capturaram boa parte da variância amostral total, podendo ser utilizados para o estudo do conjunto de todas as 14 medidas morfométricas corporais das búfalas, anteriormente apresentadas. Portanto, após a realização da ACP foi possível a redução do número de variáveis analisadas, sem a perda da variação dos dados originais. Foram mantidos seis CP's independentes e não correlacionados entre si, responsáveis pela maior parte da expressão da variância total.

Tabela 6. Componentes principais (CP), autovalores (λ_i), e porcentagem da variância explicada pelos componentes (%VCP) para as características morfométricas corporais em búfalas da raça Murrah no Estado de Alagoas

CP	λ_i	% Variância	% VCP
CP1	4,4803	0,4475	0,4475
CP2	2,2395	0,2082	0,6556
CP3	1,6931	0,1315	0,7871
CP4	1,2025	0,0731	0,8602
CP5	0,9965	0,0627	0,9229
CP6	0,8880	0,0240	0,9468
CP7	0,6005	0,0222	0,9691
CP8	0,4278	0,0110	0,9801
CP9	0,4046	0,0093	0,9895
CP10	0,3292	0,0044	0,9939
CP11	0,2622	0,0031	0,9970
CP12	0,1981	0,0018	0,9989
CP13	0,1560	0,0011	0,9999
CP14	0,1216	0,0000	1,0000

Fonte: Melo, 2017

Vários autores têm empregado a técnica de ACP durante as análises de informações oriundas da produção animal. Barbosa et al. (2005), objetivando reduzir a dimensão de um conjunto original de 11 características de desempenho em suínos, mostrou que os três primeiros componentes principais foram suficientes para explicar 67,9% da variação total, sendo possível o descarte de seis variáveis, as quais apresentaram autovalores inferiores à 0,70.

Em estudo com 14 características morfométricas de bovinos da raça Fulani, Yakubu et. al (2009) mostraram que a explicação da variância total está associada a idade dos animais, e nos mais jovens (1,5 a 2,4 anos), os dois primeiros CP's foram suficientes para explicar 78,99% da variância total. Enquanto que, nos animais mais velhos (2,5 a 3,6 anos), quatro componentes foram explicaram 67,05%.

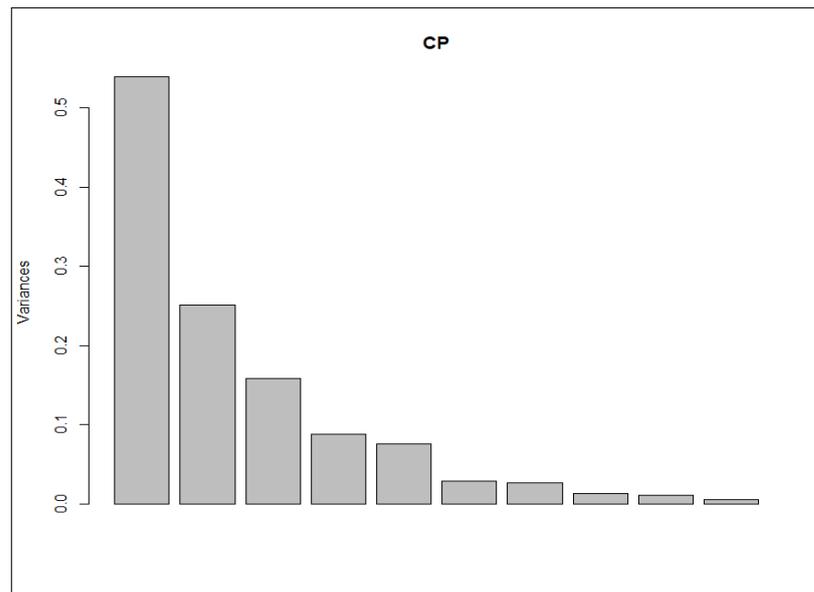


Figura 8. Scree plot dos CP's das medidas morfométricas corporais em búfalas Murrah no Estado de Alagoas.
Fonte: Melo, 2017

Tolenkhomba et al. (2012), estudando as medidas corporais que melhor representasse a conformação corporal do gado local de Manipur na Índia, mostraram que de deztoitos CP's, sete expressaram 64,31% da variância total. Portanto, as características que pouco contribuíram para a variação dos dados foram excluídas. Meira et al. (2013), em pesquisa com características morfoestruturais em cavalos da raça Mangalarga Marchador, relataram que dos 13 CP's, os seis primeiros CP explicaram 78,57% da variação total dos dados, retendo os maiores autovalores, e com isso, das 13 características estudadas, sete foram descartadas.

Em estudos conduzidos por Oliveira et al. (2014b) objetivaram-se a avaliação genética das características produtivas e reprodutivas em búfalas da raça Murrah no Brasil por meio de modelos de ACP. Os autores mostraram que de 9 características, os quatro primeiros CP's ajustados foram suficientes para explicar a estrutura de covariância, contribuindo na redução do número de parâmetros do modelo, sem perdas da eficiência estimada.

Bezerra Júnior et al. (2015) em estudo da produção de leite, duração de lactação e intervalo de parto em búfalas mestiças da raça Murrah no Brasil, por meio da técnica de componentes principais, relataram que os dois primeiros CP's explicaram 90,2% da variação total dos dados. De forma que, primeiro CP foi responsável por cerca de 59,1% e, o segundo, por 31,1% da variação das características estudadas. Agudelo-Gómez et al. (2015), estudando características

produtivas e reprodutivas de búfalos de dupla aptidão na Colômbia, verificaram que os 3 primeiros CP's foram necessários para explicar 65,8% da variação total dos dados originais. Vohra et al. (2015), em estudo de 13 características morfométricas de búfalos da raça Gojri na Índia, mostraram que os 4 primeiros componentes principais explicaram 70,9% da variação total.

Fraga et al. (2016) estudando a relação entre características de produção e proporções genótípicas em gado leiteiro mestiço da raça Holandesa e Zebu usando a ACP, foi possível reduzir o tamanho do espaço amostral das cinco variáveis originais para dois componentes principais que juntos explicaram 89,4% da variação total.

O descarte das variáveis pouco representativas para a variação total dos dados foi realizado como em Barbosa et al. (2005), Leite et al. (2009) e Paiva et al. (2010). Portanto, 8 variáveis com os maiores coeficientes de ponderação (em valor absoluto), a partir do último CP em direção ao primeiro, de menor importância, foram passíveis de descarte, Tabela 7.

Tabela 7. Coeficiente de ponderação das características e suas correlações (em porcentagem) para explicar a variação total das 14 características corporais de búfalas mestiças da raça Murrah no Estado de Alagoas

	CP7	CP8	CP9	CP10	CP11	CP12	CP13	CP14
LPE	-0,2628	-0,3693	0,2665	-0,4844	-0,0190	-0,0153	-0,0982	0,0925
LOM	0,0214	0,3182	0,2096	-0,1245	0,1727	0,1986	0,4870	0,2530
LTOR	-0,1210	0,0772	-0,1385	-0,2006	-0,1160	-0,1278	-0,6637	-0,2047
LLO	0,0745	-0,7284	-0,2022	0,0111	0,3190	0,0624	0,1037	0,1443
LACF	-0,1453	-0,0752	0,0931	0,0465	-0,3986	-0,4030	0,0751	0,5602
LANC	-0,2444	0,0696	-0,3298	0,0094	-0,1623	0,0285	0,3733	-0,5017
LGA	0,2356	0,1293	0,4238	0,0573	0,1985	0,4264	-0,3132	0,0691
COGA	-0,2204	0,3388	-0,1065	0,0517	-0,0687	0,0121	-0,1355	0,2900
PAN	0,1655	-0,0731	0,4855	-0,3467	-0,2383	-0,0550	0,1631	-0,3911
CC	-0,5432	-0,0529	0,0636	0,2657	0,3410	0,2523	-0,0820	-0,0670
COI	0,5870	-0,0059	-0,2900	-0,0160	0,0302	0,0368	-0,0725	0,0793
AA	0,1032	0,2340	-0,2755	-0,4333	0,4262	-0,2654	0,0171	0,0277
AP	0,1105	-0,1257	-0,2142	0,0616	-0,5141	0,5136	-0,0240	0,0647
CIT	0,1881	-0,0710	0,2662	0,5645	0,0733	-0,4390	-0,0318	-0,2041

LPE, largura do peito; LOM, largura do ombro; LTOR, largura do tórax; LLO, largura do lombo; LACF, largura das articulações coxas femorais; LANC, largura da anca; LGA, largura da garupa; COGA, comprimento da garupa; PAN, profundidade animal; CC, comprimento do corpo; COI, comprimento occipto-isquial; AA, altura do anterior; AP, altura do posterior; CIT, circunferência torácica.

Fonte: Melo, 2017

Nesse processo, foi realizado o descarte das variáveis com maior coeficiente de ponderação com o CP. Esse fato, é devido a elevada correlação existentes entre elas e os componentes principais, os quais expressam menores variâncias e, pouco contribuem para a variabilidade dos dados. Portanto, as variáveis sugeridas para o

descarte neste estudo, em ordem de menor importância para explicar a variação total, foram: LACF, LTOR, AP, AA, CIT, PAN, LLO e COI.

3.5 Análises de correlação canônica

A ACC foi realizada considerando-se os dados originais, objetivando verificar a existência de associação entre dois grupos de variáveis. Sendo o primeiro grupo, formado pelas características produtivas e reprodutivas, constituído por PL, DL, INTER e PRINTER, e o segundo grupo, formado pelas características de medidas morfométricas corporais das búfalas, constituídas por LPE, LTOR, LGA, COGA, PAN, CC, COI, AA e CIT.

Para a realização da ACC, não pode haver multicolinearidade entre as variáveis em estudo, portanto, foi necessário o uso de teste de verificação de existência de multicolinearidade. Nesse caso, foi aplicado o teste *VIF* (fator de inflação da variância), cujos resultados podem ser visualizados na Tabela 8. Com base nos valores apresentados, verificaram-se que as variáveis em estudo não apresentaram multicolinearidade, pois os valores de *VIF* foram inferiores a 10 ($VIF < 10$).

Tabela 8. Fator de inflação da variância (*VIF*) para as características produtivas, reprodutivas e medidas morfométricas em búfalas da raça Murrah no Estado de Alagoas

Características	<i>VIF</i>
Produtivas e reprodutivas	
PL	1,5408
DL	1,5966
INTER	1,6381
PRINTER	1,7418
Medidas morfométricas	
LPE	1,8734
LTOR	1,3621
LGA	1,3472
COGA	1,3886
PAN	2,1120
CC	1,6710
COI	1,2898
AA	1,6717
CIT	1,7906

PL, produção de leite; DL, duração da lactação; INTER, intervalo de parto; PRINTER, primeiro intervalo de parto; LPE, largura de peito; LTOR, largura do tórax; LGA, largura da garupa; COGA, comprimento da garupa; PAN, profundidade animal; CC, comprimento do corpo; COI, comprimento occipto-isquial e AA, altura do anterior e CIT, circunferência torácica.

Fonte: Melo, 2017.

O primeiro grupo de variáveis estudadas representou as variáveis independentes (X = morfométricas) e o segundo grupo as dependentes (Y = produtivas e reprodutivas). Dessa forma foi possível determinar quatro funções canônicas ou quatro pares de variáveis estatísticas canônicas. Na Tabela 9 foram apresentadas as cargas canônicas, as correlações canônicas (r), correlações canônicas quadradas (R^2) e os P -value obtidos nas 4 funções canônicas para os dois grupos de características. A primeira função canônica foi significativa ($P < 0,05$). Este resultado indica que o grupo das características de morfometria corporal e o grupo de características produtivos e reprodutivos são dependentes e, portanto, existe correlação entre ambos os grupos. Os testes multivariados Lambda de Wilks, o teste estatístico (F), a aproximação da distribuição (F_a) e o grau de liberdade das funções canônicas podem ser visualizados na tabela 2, (Sup.1).

A proporção de variância comum para as duas variáveis estatísticas canônicas nas funções canônicas 1, 2, 3 e 4, que é dada pelo coeficiente de correlação canônica ao quadrado (R^2), foi de 0,32; 0,08; 0,05 e 0,03, respectivamente. O resultado da primeira função canônica (0,32) mostrou haver relação de dependência entre os dois grupos de características em estudo. Ou seja, o critério de escolha das búfalas com base nas suas características morfométricas corporais irá contribuir para o critério de escolha desses animais visando o potencial de produção e reprodução.

A primeira função canônica apresentou a maior correlação (0,56) entre os dois grupos de características estudadas (Tabela 9) indicando que a correlação entre esses grupos foi moderada, e as características de morfometria contribui moderadamente para a determinação do desempenho produtivo e reprodutivo das búfalas estudadas.

A ACC é um método estatístico que se assemelha à ACP, as quais permitem expressar a importância de todas as características através da estimação de ponderadores e da proporção da variação total explicada. Isso contribui para a escolha mais adequada da função canônica a ser considerada. Portanto, os resultados da ACC (Tabela 10) mostraram que a primeira função canônica apresentou 72,46% da variabilidade total, com o maior ponderador dentro do conjunto de dados analisados. Dessa forma, a primeira função canônica foi considerada aquela que apresenta maior importância para explicar a variabilidade dos dados.

Tabela 9. Funções canônicas, correlação canônica (r), correlação canônica quadrada (R^2) e P -value para as quatro funções canônicas em relação às características produtivas, reprodutivas e morfométricas de Búfalas mestiças da raça Murrah no Estado de Alagoas

Características	Funções canônicas			
	1	2	3	4
Produtivas e reprodutivas				
PL	-0,2535	0,6346	0,6926	-0,2308
DL	0,4942	0,0887	0,5621	-0,6572
INTER	0,2322	-0,4311	0,7297	0,4772
PRINTER	-0,4669	-0,7395	0,4804	-0,0660
Morfométricas corporais				
LPE	-0,7874	-0,1913	-0,3875	-0,1607
LTOR	0,1574	-0,2736	-0,0891	0,3794
LGA	0,1810	-0,3156	0,2470	-0,4820
COGA	-0,0813	-0,3538	0,0550	0,1416
PAN	0,0162	-0,1418	0,6077	-0,1696
CC	-0,5636	0,2354	0,5911	0,2969
COI	-0,3495	0,5311	-0,1523	-0,1894
AA	-0,3858	-0,1628	0,1036	-0,0684
CIT	-0,5050	-0,4726	-0,0270	0,2637
r	0,5668	0,2874	0,2323	0,1784
P -value	0,0495*	0,8942 ^{ns}	0,8900 ^{ns}	0,8160 ^{ns}
R^2	0,3213	0,0826	0,0540	0,0329

P -value, teste estatístico; ns, não Sig; ** Sig. a 1% ($p < 0,01$); * Sig. a 5% ($p < 0,05$); PL, produção de leite; DL, duração da lactação; INTER, intervalo de parto; PRINTER, primeiro intervalo de parto; LPE, largura de peito; LTOR, largura do tórax; LGA, largura da garupa; COGA, comprimento da garupa; PAN, profundidade animal; CC, comprimento do corpo; COI, comprimento occipito-isquial, AA, altura do anterior e CIT, circunferência torácica.

Fonte: Melo, 2017

Tabela 10. Função canônica (FC), autovalores (λ) e percentuais de variação descritiva (VPC) e acumulada (VPCA) das 4 funções canônicas das características morfométricas corporais e produtivas e reprodutivas de Búfalas mestiça da raça Murrah do Estado de Alagoas

FC	λ	VPC	VPCA
1	0,4734	72,458	72,46
2	0,0900	13,781	86,24
3	0,0570	8,727	94,97
4	0,0329	5,033	100,00

Fonte: Melo, 2017

Na literatura existem vários relatos de análises canônicas entre grupos de características oriundas da produção animal. Visando estudar a associação entre as características de qualidade da carne e as características da carcaça de suínos, Barbosa et al. (2010) relataram que as três primeiras funções canônicas foram

significativas e os valores de r foram 0,41; 0,34 e 0,33 e os valores de R^2 foram 0,17; 0,12 e 0,11, respectivamente.

Um estudo de ACC conduzido por Çankaya et al. (2007), entre medidas corporais e as características de peso em ovinos, mostraram que o primeiro par canônico foi significativo e os valores de r e R^2 foram 0,93 e 0,86, respectivamente. Guedes et al. (2015), estudando a associação entre características de peso e rendimento de carcaça em ovinos da raça Morada Nova no Brasil, relataram que o primeiro par canônico explicou 0,99% da variação total dos dados originais. Além disso, mostraram que o peso dos animais e o rendimento do lombo foram as características mais importantes para a variação do conjunto de dados.

Em estudo de associação entre as características relacionados a reprodução e produção de ovos em codornas, Ribeiro et al. (2016) relataram que a primeira correlação canônica foi significativa e a máxima correlação encontrada (r) foi moderada (0,34). A característica de maior importância foi a quantidade de ovos no primeiro período e a proporção de variância em comum para as duas variáveis canônicas no primeiro par canônico (R^2) foi de 0,12.

As cargas canônicas e cargas canônicas cruzadas da primeira função canônica (Tabela 11) mostram que, entre as variáveis dependentes, DL (0,49) e PRINTER (-0,46) apresentaram as maiores cargas (valor absoluto) canônicas entre as variáveis. Entre as características independentes, as maiores cargas canônicas ocorreram para LPE (-0,78), CC (-0,56) e CIT (-0,50).

A associação entre as características produtivas e reprodutivas com as características morfométricas COGA, PAN, LTOR e LGA, apresentaram cargas canônicas baixas e próximas a zero (-0,08, 0,01, 0,15 e 0,18), respectivamente. As características PL e INTER também apresentaram baixas cargas canônicas quando comparadas às características DL e PRINTER (Figura 9). Portanto, PL, INTER, COGA, PAN, LTOR e LGA, em virtude das baixas cargas canônicas foram pouco importantes para explicar a associação entre os dois conjuntos de características. De acordo com Hair et al. (2005), quanto maior a carga canônica maior será a importância da variável para derivar a variável estatística canônica. Sendo assim, entre as características produtivas e reprodutivas, a DL e o PRINTER, e entre as características morfométricas corporais, o LPE, CC e CIT foram os parâmetros mais importantes para derivar a estatística canônica.

Tabela 11. Cargas canônicas e cargas canônicas cruzadas entre as características de produção, reprodução e medidas corporais para a função canônica 1

Variáveis	Cargas canônicas 1	Cargas canônicas cruzadas 1
Produtivas e reprodutivas		
PL	-0,2535	-0,1437
DL	0,4942	0,2802
INTER	0,2322	0,1316
PRINTER	-0,4669	-0,2646
Medidas Morfométricas		
LPE	-0,7874	-0,4463
LTOR	0,1574	0,0892
LGA	0,1810	0,1026
COGA	-0,0813	-0,0461
PAN	0,0162	0,0092
CC	-0,5636	-0,3194
COI	-0,3495	-0,1981
AA	-0,3858	-0,2187
CIT	-0,5050	-0,2863

PL, produção de leite; DL, duração da lactação, INTER, intervalo de parto, PRINTER, primeiro intervalo de parto; LPE, largura de peito; LTOR, largura do tórax; LGA, largura da garupa; COGA, comprimento da garupa; PAN, profundidade animal; CC, comprimento do corpo; COI, comprimento occipito-isquial; AA, altura do anterior e CIT, circunferência torácica.

Fonte: Melo, 2017

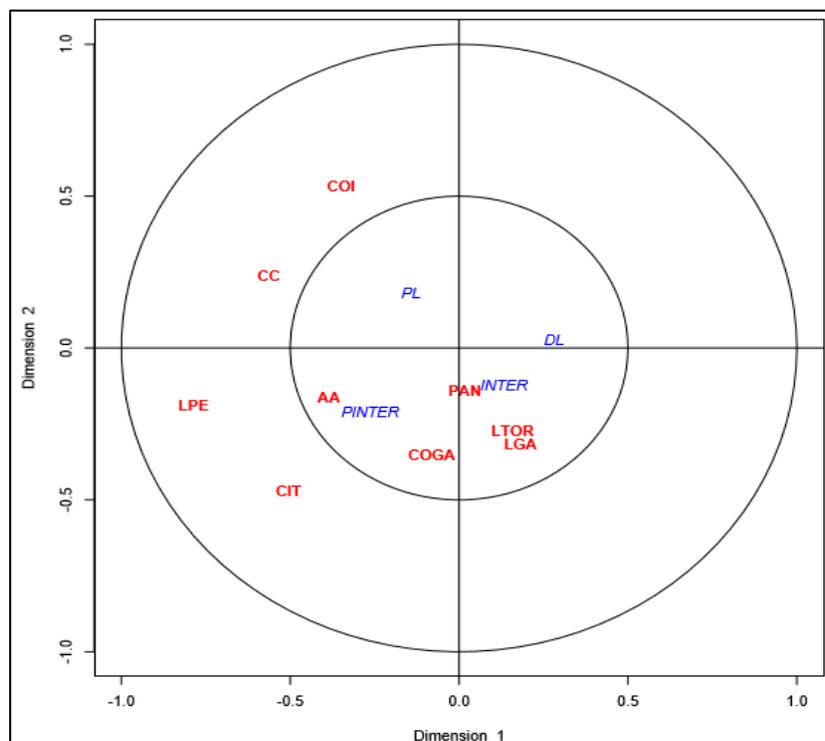


Figura 9. Box plot da correlação canônica entre as medidas morfométricas corporais e características produtivas e reprodutivas em búfalas mestiças da raça Murrah no Estado de Alagoas.

Fonte: Melo, 2017

As características morfométricas LPE, CC e CIT estão relacionadas ao composto corporal, ou seja, estão ligadas ao porte, estatura e tamanho da búfala. A LPE está associada à capacidade respiratória, sendo nesta região local do início do arqueamento das costelas e da caixa torácica. O CC está diretamente relacionado com o porte e tamanho animal, compreendendo toda a capacidade corporal, enquanto que o CIT, representa a capacidade digestiva do animal, pois abrange boa parte dos órgãos digestivos. Essas características morfométricas corporais apresentaram as maiores cargas canônicas, sendo esse resultado um indicativo de que são as mais importantes para explicar a variância das características produtivas e reprodutivas das búfalas.

O resultado das cargas canônicas cruzadas mostrou que as características produtivas e reprodutivas foram moderadamente correlacionadas com as características morfométricas corporais, comprovando a existência de associação entre os grupos de características (Tabela 11). Ou seja, a variação das características morfométricas corporais podem explicar a variação das características de desempenho produtivo e reprodutivo das búfalas e, esses dois grupos se comportam de maneira dependente.

As maiores cargas canônicas cruzadas dentro das características corporais com as características produtivas e reprodutivas foram LPE (-0,44), CC (-0,31) e CIT (-0,28). Esses resultados sugerem que búfalas com maior tamanho corporal podem apresentar menor desempenho para DL. É provável que a razão para esse fato esteja associada com a demanda nutricional dos animais, as quais variam de acordo com o tamanho corporal. De forma que quanto maior for o porte da búfala, maior será a demanda nutricional para sua manutenção, restando menor disponibilidade de recursos energéticos para a persistência da lactação, ocasionando assim, a ocorrência de períodos de lactação mais curtos. De acordo com Mota et al. (2010), animais com maior tamanho corporal possuem maior exigência de manutenção, tornando-se difícil o suprimento adequando de sua energia para a manutenção e a produção. E, em geral, esse fato, acarreta em baixos índices produtivos e econômicos.

Diante dos resultados das maiores cargas canônicas cruzadas de LPE (-0,44), CC (-0,31) e CIT (-0,28) com as características produtivas e reprodutivas, quanto menor o porte das búfalas menor será o PRINTER, embora essa associação entre essas variáveis tenha sido moderada e positiva. Portanto, é provável que a escolha de búfalas de menor tamanho corporal possa estar associada à obtenção de búfalas

com menores valores de PRINTER. Esse fato pode estar relacionado com a demanda nutricional das fêmeas na fase inicial de crescimento, momento de ocorrência do PRINTER. Nessa fase de vida da búfala há forte demanda nutricional para os processos de manutenção, crescimento, produção e, por último, para a reprodução, seguindo essa ordem de prioridade. De acordo com Hansen (2000), animais de grande porte possuem maior exigência de energia de manutenção e, portanto, são menos eficientes que animais menores.

Thomas et al. (2000) conduziram um estudo visando investigar, por meio da ACC, a associação entre dois grupos de características em búfalas da raça Murrah. O primeiro grupo era formado pela eficiência reprodutiva e produção de leite e, o segundo grupo, era constituído pelas características de crescimento e reprodutivas. Os autores relataram que as maiores cargas canônicas observadas foram a eficiência reprodutiva (0,99) e, no outro grupo, foram a idade ao primeiro parto (-0,86), peso aos 6 meses de idade (0,21) e peso aos 24 meses de idade (0,32), as quais foram consideradas aquelas mais importantes para determinar as variáveis estatísticas canônicas. Esses autores afirmaram ainda que, a correlação canônica, positiva e significativa (0,97), entre as duas variáveis canônicas indicou que as características mais importantes para a melhoria da eficiência de reprodução desses animais foram a idade no primeiro parto e os pesos corporais aos 6 e 24 meses de idade.

Os resultados das cargas canônicas quadradas, cargas canônicas quadradas cruzadas e o índice de redundância estão apresentados na Tabela 12. As cargas canônicas quadradas da primeira função canônica, mostraram que a quantidade da variância compartilhada explicada pela variável estatística canônica dependente foi de 14,51%. Dentre essas, a DL apresentou o maior percentual da variância explicada (0,24), seguida pela variável PRINTER (0,21), comprovando serem as características mais importantes dentro do grupo das variáveis estatísticas dependentes. No grupo das características corporais, as variáveis LPE, CC e CIT apresentaram as maiores quantidades de variância explicada pela variável estatística canônica. E que em média, a quantidade de variância compartilhada explicada pela variável estatística canônica independente foi de 16,89%.

Tabela 12. Cargas canônicas quadradas, cargas canônicas quadradas cruzadas e índice de redundância da função canônica 1 para as características de produção e reprodução e medidas morfométricas corporais em búfalas mestiças Murrah no Estado de Alagoas

Variáveis	Cargas canônicas quadradas	Cargas canônicas quadradas cruzadas	Índice de redundância (%)
Produtivas e reprodutivas			
PL	0,0643	0,0207	4,66
DL	0,2443	0,0785	
INTER	0,0540	0,0173	
PRINTER	0,2180	0,0700	
Média	0,1451	0,0466	
Medidas morfométricas			
LPE	0,6199	0,1992	5,45
LTOR	0,0248	0,0080	
LGA	0,0328	0,0105	
COGA	0,0066	0,0021	
PAN	0,0003	0,0001	
CC	0,3176	0,1020	
COI	0,1222	0,0393	
AA	0,1489	0,0478	
CIT	0,2551	0,0820	
Média	0,1689	0,0545	

PL, produção de leite; DL, duração da lactação; INTER, intervalo de parto; PRINTER, primeiro intervalo de parto; LPE, largura de peito; LTOR, largura do tórax; LGA, largura da garupa; COGA, comprimento da garupa; PAN, profundidade animal; CC, comprimento do corpo; COI, comprimento occipto-isquial; AA, altura do anterior e CIT - circunferência torácica.

Fonte: Melo, 2017

Nas cargas canônicas quadradas cruzadas, as variâncias compartilhadas foram maiores para DL e PRINTER, as quais apresentaram as maiores variâncias explicadas pelas variáveis estatísticas canônicas independentes, 0,08 e 0,07, respectivamente, Tabela 12. Com relação às variáveis independentes, as características de LPE, CC e CIT apresentaram as maiores variâncias compartilhadas explicadas pelas variáveis estatísticas canônicas dependentes, 0,19, 0,10 e 0,08, respectivamente. Esses resultados confirmam a dependência entre os grupos das características estudadas.

Quanto aos resultados de índice de redundância para a primeira função canônica, verificou-se que a quantidade da variância nas variáveis dependentes (produtivas e reprodutivas) explicadas pela variável estatística canônica independente (morfométricas) foi de 4,66%, Tabela 12. Enquanto que, a variável estatística canônica

independente explicou 5,45% da variância das variáveis dependentes. Índices de redundâncias maiores foram registrados por Çankaya et al. (2007) em estudo da associação entre o peso vivo e as medidas corporais de ovinos, em que cerca de 61,3% das variáveis de peso foram explicadas pela variável canônica de medidas corporais. De acordo com Hair et al. (2009), não existe uma padronização ou determinação de valores mínimo ou máximo para o índice de redundância nas ACC. Os autores afirmaram que há necessidade de bom censo por parte dos pesquisadores.

Thomas et al. (2000) relataram que 49,98% da variabilidade das características de eficiência reprodutiva e produtiva em búfalas da raça Murrah foram explicadas pela variação canônica do grupo formado pelas de crescimento e reprodutivas. Enquanto que, 22,03% da variabilidade das características de crescimento e reprodutivas foram explicadas pela eficiência reprodutiva e produtiva. Ainda segundo esses autores, o coeficiente de redundância indicou que 47,69% da variabilidade total da eficiência de reprodução e da produção de leite foi explicada pela variação canônica referente às características de crescimento e reprodução.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nas condições do presente estudo pode-se afirmar que o desempenho das búfalas mestiças da raça Murrah do rebanho em avaliação foi superior para a produção de leite, duração da lactação e intervalo de parto, quando comparado com outros rebanhos em condições semelhantes de manejo.

Com relação às medidas corporais, as búfalas em estudo apresentaram peito largo e amplo, largura de garupa de média a larga, estatura mediana, porte retilíneo e linha diagonal longa, podendo serem considerados animais longos.

As correlações entre as medidas morfométricas das búfalas mostraram que quanto maior a largura dos ombros, maior será a largura do tórax; quanto maior a largura das articulações coxas femorais, maior será a largura de garupa e maior será o comprimento corporal e, quanto maior o comprimento corporal, maior será a altura de anterior.

As análises de componentes principais permitiram a redução do número de componentes principais capazes de explicar a maior parte da variabilidade da conformação corporal de búfalas mestiças da raça Murrah.

A análise de correlação canônica indicou que o grupo das características corporais morfométricas possui relação com o grupo das características produtivas e reprodutivas e podem ser considerados dependentes. Os resultados indicaram moderada correlação entre as variáveis estatísticas canônicas de ambos os grupos. O uso das medidas corporais podem contribuir como critérios de escolha de búfalas com desempenho superiores para as características produtivas e reprodutivas.

A análise de correlação canônica foi eficiente para explicar a interdependência entre os grupos das variáveis estudadas. Entretanto, sugere que seja necessário maior número de pesquisas com abordagens para a associação entre a morfometria corporal com o desempenho produtivo e reprodutivo na espécie bubalina.

REFERÊNCIAS

AHMAD, N. et al. Relationship between body measurements and milk production in Nili-Ravi buffaloes maintained at commercial farms in peri-urban Vicinity of Lahore. **Buffalo Bull**, Phuket, 6-7 May 2013, v.32, n.2, p.92-795.

AGUDELO-GÓMEZ, D.; PINEDA-SIERRA, S.; CERÓN-MUÑOZ, M.F. Genetic evaluation of dual - purpose buffaloes (*Bubalu bubalis*) in Colombia using Principal Component Analysis. **Plos One**, Jul. 2015, v.10, n.7, p.1-9.

ANDRÉA, M.V. et al. Correlations between Linear Measurements and Milk Production in Murrah Buffaloes. **Revista Veterinária**, Buenos Aires, Apr. 2010, v.21, n.1, p.355-357.

ASPILCUETA-BORQUIS, R.R. et al. Genetic parameters for buffalo milk yield and milk quality traits using Bayesian inference. **Journal of Dairy Science**, 2010, v.93, p.2195-2201.

BARBOSA, L.T. et al. Associação entre qualidade da carne e características quantitativas de suínos por meio de correlação canônica. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, 2010, v.11, n.4, p.1150-1162. Disponível em: <http://www.rbspa.ufba.br>. Acesso em: 30 Set. 2017.

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

BEDOYA, J.C.G.; HERNANDEZ, J.S.G. **Bovinometría en Búfalas Murrah en siete haciendas del Departamento de Córdoba**. Monografía (Programa de grado em veterinária y Zootecnia), Córdoba, Feb. 2013, p. 74.

BERNARDES, O. Bubalinocultura no Brasil: situação e importância econômica. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, Jul./Set. 2007, v.31, n.3, p.293-298. Disponível em: <http://www.cbra.org.br>. Acesso em: 20 out. 2016.

BEZERRA JÚNIOR, J.S. et al. Análise multivariada para avaliar produção de leite, duração da lactação e intervalo de parto em búfalas In: **XI Simpósio Brasileiro de Melhoramento Animal**, 2015, Santa Maria. Anais XI Simpósio Brasileiro de Melhoramento Animal, SBMA, 2015.

BEZERRA JÚNIOR, S. et al. Produção de leite, duração da lactação e intervalo de partos em búfalas mestiças Murrah. **Revista Caatinga**, Mossoró, Abr./Jun., 2014, v.27, n.2, p.184-191.

ÇANKAYA, S.; KAYAALP, G.T. Estimation of relationship between live weights and some body measurements in German Farm x Hair Crossbred by Canonical Correlation Analysis. **Havansal Uretim**, 2007, v.48, n.2, p.27-32.

CARVALHO, G.M.C. et al. Caracterização fenotípica do gado Pé-Duro do Nordeste do Brasil. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**, Teresina, Nov. 2010, v.93, p. 5-23.

CASSIANO, L.A.P. et al. Caracterização fenotípica de raças bubalinas nacionais e do tipo Baio. **Pesquisa agropecuária Brasileira**, Brasília, 2003, v.38, n.11, p.1337-1342.

CYRILLO, J.N.S.G. et al. Estimativas de tendências e parâmetros genéticos do peso padronizado aos 378 dias de idade, medidas corporais e perímetro escrotal de machos Nelore de Sertãozinho, São Paulo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 2001, v.30, n.1, p.56-65.

CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J.; CARNEIRO, P.C.S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 3. ed. Viçosa, editora: Universidade Federal de Viçosa, 2004, v.1, p.193-201.

DRAPER, N.R.; SMITH, H. **Applied regression analysis**: wiley series in probability and statistics. 3. ed. Canadá, editora: Wiley, 1998, p.697.

DHILLOD, S. et al. Study of the dairy characters of lactating Murrah buffaloes on the basis of body parts measurements. **Veterinary World**, Jan. 2017, v.10, n.1, p.17-21. Disponível em: <<http://www.veterinaryworld.org/vol.10/January-2017/4.pdf>>. Acesso em: 28 Jun. 2017.

ESPINOSA-NÚNÈS, Y. et al. Morfobiometría de la ubre en búfalas lecheras en rebaños del occidente de Cuba. **Revista Científica**, 2011, v.21, n.6, p.533-538.

FERREIRA, D.F. **Estatística multivariada**. 2.ed. Lavras, Editora: Universidade de Lavras, 1998, p.29.

FRAGA, A.B. et al. Multivariate Analysis to evaluate genetic groups and production traits of crossbred Holstein x Zebu cows. **Tropical Animal Health Productions**, 2016, v.48, n.3, p.533-538.

GUEDES, D.G.P. et al. Análise de correlação canônica de características de peso e rendimento de cortes cárneos de ovinos da raça Morada Nova. **In: Congresso Nordestino de Produção Animal**, 10, Nov. 2015, Teresina, CNPA, 2015.

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

HAIR JÚNIOR, F. **Análise multivariada de dados**. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.

HAIR JÚNIOR, F. **Multivariate data Analysis**. 6. ed. Porto Alegre: Bookman, 2009, p.688.

HANSEN, L.B. Consequences of Selection for milk yield from a geneticist's viewpoint. **Journal of Dairy Science**, 2000, v.83, n.5, p.1145-1150. Disponível em: <<http://www.download.journals.elsevierhealth.com/pdfs/journals.pdf>>. Acesso em: 25 Ago. 2017.

JAVED, K. et al. Studies on linear type traits and morphometric measurements in Nili Ravi buffaloes of Pakistan. **Buffalo Bulletin**, Phuket, 6-7 May 2013, v.32, n.2, p.780-783.

JOHARI, S.; KURNIANTO, E.; SUTOPO, D.W.A.H. Multivariate analysis on phenotypic traits of body measurement in swamp buffalo (*Bubalus bubalis*). **Journal Indonesian Tropical Animal Agriculture**, 2009, v.34, n.4, p.289-294.

JOLLIFFE, I.T. Discarding variables in a principal component analysis. I: Artificial. **Journal of the Royal Statistical Society**, 1972, Series C (Applied Statistics), v.21, n.2 p.160-173.

JOLLIFFE, I.T. Discarding variables in a principal component analysis. II: Real data. **Journal of the Royal Statistical Society**, 1973, v.22, n.1, p.21-31.

KHAN, M. et al. Morphological characterization of the Azikheli buffalo in Pakistan. **Animal Genetic Resources**, Apr. 2013, n.52, p.65-70.

KERN, L.E. et al. Factor Analysis of linear type traits and their relation with longevity in Brazilian Holstein cattle. **Asian Australas. Journal Animal Science**, Jun. 2014, v.27, n.6, p.784-790.

KOCAMAN, I. et al. Determination of body measurements, live weights and manure production of dairy anatolian water buffaloes in the Istanbul Region. **Journal of Scientific and Engineering Research**, 2017, v.4, n.4, p.62-66.

KUTNER, M.H. et al. **Applied Linear Statistical Models**. 5. ed. Boston, editora: McGraw-Hill, 2004, p.1396.

LAGROTTA, M.R. et al. Relação entre características morfológicas e produção de leite em vacas da raça Gir. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, Abr. 2010, v.45, n.4, p.423-429.

LEITE, C.D.S. et al. Avaliação de características de desempenho e de carcaça de codorna de corte por meio da análise de componentes principais. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, 2009, v.6, n.2, p.498-503.

LOPES, C.R.A. et al. Eficiência reprodutiva e influência de fatores de meio e de herança sobre a variação no peso ao nascer de bubalinos no estado de Rondônia. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 2008, v.37, n.9, p.1595-1600.

MALHADO, C.H.M. et al. Genetic parameters for milk yield, lactation length and calving intervals of Murrah buffaloes from Brazil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 2013, v.42, n.8, p.565-569.

MEIRA, C.T. et al. Seleção de características morfofuncionais de cavalos da raça Mangalarga Marchador por meio da análise de componentes principais. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, 2013, v.65, n.6, p.1843-1848.

MIRZA, R.H. et al. Genetic and phenotypic correlation of some body measurements with milk yield in Nili Ravi buffaloes of Pakistan. **Journal of Animal Health and Production**, Jan. 2015, v.3, n.1, p.1-5.

MOTA, L.F.M. et al. Estrutura corporal (Frame Size) e influencias no desempenho produtivo de bovinos de corte. **Boletim técnico**, 2014, v.2, n.1, 2014. Disponível em: <<http://www.ufvjm.edu.br>>. Acesso: 9 Set. 2017.

OLIVEIRA, C.A et al. Pelvimetria e pelvilogia em búfalas mestiças (*Bubalus bubalis*). **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, São Paulo, 2001, v.38, n.3, p.114-121.

OLIVEIRA, D.P. et al. Caracterização morfoestrutural de fêmeas e machos jovens de ovinos naturalizados Sul-matogrossenses “Pantaneiros”. **Semina: Ciências agrárias**, Londrina, Mar./Abr. 2014a, v.35, n.2, p.973-986.

OLIVEIRA, D.P. et al. Principal components for reproductive and productive Traits in buffaloes from Brazil. **in: World Congress of Genetics Applied to Livestock Production**, 10, 2014b, Vancouver, p.3-5.

PAIVA, A.L.C. et al. Análise de componentes principais em características de produção de aves de postura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 2010, v.39, p.285-288.

PROTÁSIO, T.P. et al. Análise de correlação canônica entre características da madeira e do carvão vegetal de *Eucalyptus*. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, Set. 2012, v.40, n.95, p.317-326.

RAMOS, A.A. Curso de julgamento de bubalinos para leite e carne: exterior, tipo, raça e sistemas de julgamento. **In: Encontro nacional de criadores de búfalos**, 2008, Monteria, Colômbia.

RAMOS, A.A. et al. Caracterização fenotípica e genética da produção de leite e do intervalo entre partos em bubalinos da raça Murrah. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, Ago. 2006, v.41, p.1261-1267.

R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. Vienna, Austria. R Foundation for Statistical Computing, 2015.

REGAZZI, A.J. **Análise multivariada**. Notas de aula INF 766, Departamento de Informática da Universidade Federal de Viçosa, 2002, v.2.

RENCHEER, A.C. **Methods of multivariate analysis**. 2. ed. New York: Wiley-interscience, 2002, p.708.

RENNÓ, F.P. et al. Correlações genéticas e fenotípicas entre características de conformação e produção de leite em bovinos da raça Pardo-Suíça no Brasil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 2003, v.32, n.6, p.1419-1430.

RESENDE, M.D.V. **Matemática e estatística na análise de experimentos e no melhoramento genético**. Editora: Colombo - Embrapa Floresta. Brasília, 2007, p.975.

REZENDE, M.P.G. et al. Phenotypic diversity in Buffalo cows of the Jafarabadi, Murrah, and Mediterranean breeds. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, Ago. 2017, v.52, n.8, p.663-669.

RODRIGUES, A.E. et al. Estimação de parâmetros genéticos para características produtivas em búfalos na Amazônia Oriental. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, 2010, v.62, n.3, p.712-717.

ROS-FREIXEDES, R. et al. Relationship between gilt behavior and meat quality using principal components analysis. **Meat Science**, 2014, v.96, p.264-269. Disponível em: <<http://www.elsevier.com/locate/meatsci>>. Acesso em: 12 Ago. 2017.

SAMPAIO NETO, J.C. et al. Avaliação dos desempenhos produtivo e reprodutivo de um rebanho bubalino no Estado do Ceará. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 2001, v.30, n.2, p.368-373.

SILVA, M.M.A. et al. Persistência da lactação em búfalas da raça Murrah (*Bubalus bubalis*) exploradas no Agreste do Rio Grande do Norte. **Acta Veterinária Brasileira**, 2010, v.4, n.4, p.286-293.

SILVA, R.A.D. et al. Produção de leite de vacas da raça Holandesas de pequeno, médio e grande porte. **Ciência Rural**, Santa Maria, Mar. 2011, v.41, n.3, p.501-506.

THOMAS, P.R.; CHAKRAVARTY, A.K. Canonical correlation analysis for studying the association of breeding efficiency and breeding values with growth and reproductive traits of Murrah buffaloes. **Indian Journal Animal Research**, 2000, v.34, n.2, p.100-103.

TONHATI, H. et al. Parâmetros genéticos para a produção de leite, gordura e proteína em bubalinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 2000a, v.29, n.6, p.2051-2056.

TOLENKHOMBA, T.C. et al. Factor analysis of body measurements of local cows of Manipur, India. **Internacional Multidisciplinary Research Journal**, v.2012, v.2, n.2, p.77-82.

TRUGILHO, P.F.; LIMA, J.T.; MORI, F.A. Correlação canônica das características químicas e físicas da madeira de clones de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna*. **Cerne**, 2003, v.9, n.1, p.066-080.

VOHRA, V. et al. Phenotypic characterization and Multivariate Analysis to explain body conformation in lesser known buffalo (*Bubalus bubalis*) from North India. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, Mar. 2015, v.28, n.3, p.311-317.

WENCESLAU, A.A. et al. Estimação de parâmetros genéticos de medidas de conformação, produção de leite e idade ao primeiro parto em vacas da raça Gir leiteiro. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 2000, v.29, n.1, p.153-158.

YAKUBU, A; OGAH, D.M; IDAHOR, K.O. Principal component analysis of the morphostructural indices of white Fulani cattle. **Trakia Journal of Sciences**, 2009, v.7, n.2, p.67-73.

ANEXOS

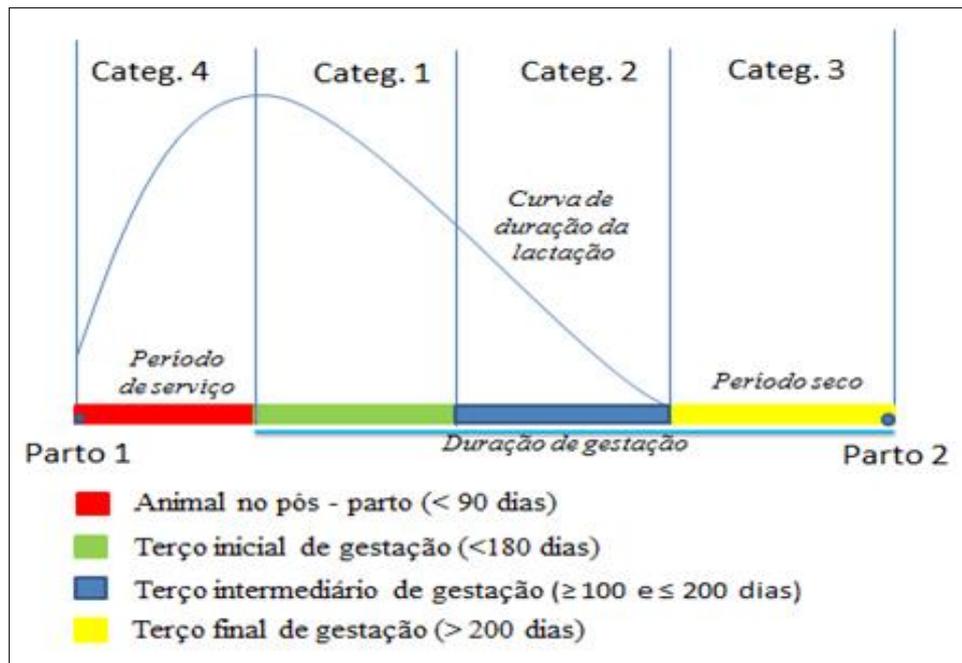


Figura 1. Classificação de búfalas da raça Murrah no Estado de Alagoas por categorias de estado fisiológico da fêmea (vazia, gestante de acordo com o terço do período gestacional)
Fonte: Melo, 2017

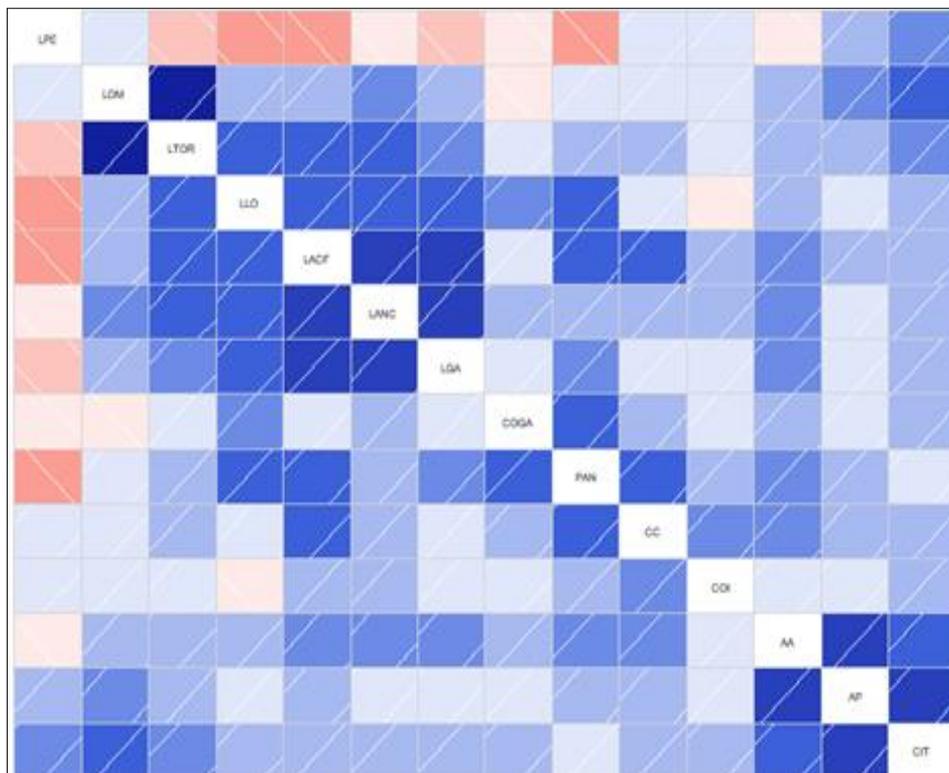


Figura 2. Correlações entre as medidas morfométricas corporais em búfalas da raça Murrah no Estado de Alagoas
Fonte: Melo, 2017

Tabela 1. Análise descritiva com os valores da μ (cm), s (cm), Mín e Máx (cm) e CV (%) das medidas morfométricas corporais de búfalas mestiças gestantes e vazias da raça Murrah no Estado de Alagoas

Variáveis	LPE	LACF	LANC	LGA	COGA	PAN	CC	CODL	AA	AP	LOM	LTOR	LLO	COI	
Gestantes	n	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	
	μ	44,82	50,71	39,56	25,33	39,89	70,71	143,10	46,76	130,90	128,70	33,22	34,76	37,04	176,70
	s	5,21	5,11	5,73	4,29	4,41	5,76	8,73	6,45	5,87	4,44	4,47	4,09	5,62	7,84
	Mín	35,00	40,00	25,00	17,00	32,00	55,00	120,00	34,00	116,00	137,00	14,00	26,00	28,00	172,00
	Máx	0,54	61,00	56,00	35,00	56,00	83,00	160,00	75,00	148,00	143,00	42,00	44,00	52,00	200,00
	CV	8,60	10,07	14,48	16,94	11,06	8,15	6,10	13,80	4,50	3,73	13,46	11,77	15,17	14,81
Vazias	n	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	
	μ	43,46	52,04	40,43	25,54	39,83	72,65	143,40	48,19	129,30	130,30	33,19	39,91	38,28	184,60
	s	5,20	5,60	5,53	4,18	39,83	6,54	8,44	7,18	7,60	4,44	4,46	4,68	5,62	7,84
	Mín	32,00	40,00	25,00	17,00	32,00	57,00	125,00	32,00	84,00	122,00	23,00	25,00	30,00	163,00
	Máx	54,00	63,00	54,00	38,00	49,00	88,00	163,00	74,00	140,00	138,00	41,00	49,00	47,00	204,00
	CV	8,56	10,76	13,68	16,37	9,54	9,00	5,90	14,90	5,89	3,42	13,44	11,73	14,68	4,24

n – número de informações, μ - média, s – desvio padrão, Mín - valor mínimo, Max – valor máximo e CV – coeficiente de variação; LPE, largura do peito; LACF, largura das articulações coxas femorais; LANC, largura da anca; LGA, largura da garupa; COGA, comprimento da garupa; PAN, profundidade animal; CC, comprimento do corpo; CODL, comprimento dorso lombar; AA, altura do anterior; AP, altura do posterior; LOM, largura do ombro; LTOR, largura do tórax; LLO, largura do lombo; COI, comprimento occipto-isquial.

Fonte: Melo, 2017

Tabela 2. Teste multivariado Lambda de Wilks (aproximação da distribuição F) das funções canônicas entre os grupos de características de búfalas da raça Murrah no Estado de Alagoas

Função Canônica	Correlação Canônica	R ²	Wilks	Fa	GL ₁	p-value
1	0,5668	0,3213	0,5703	1,4552	36	0,0495*
2	0,2874	0,0826	0,8403	0,6517	24	0,8942 ^{ns}
3	0,2323	0,0539	0,9160	0,5642	14	0,8900 ^{ns}
4	0,1784	0,0318	0,9682	0,4878	6	0,8159 ^{ns}

** Sig. a 1% ($p < 0,01$), * Sig. a 5% ($p < 0,05$), ns – não significativo. Fa, estatística F aproximada; GL₁, grau de liberdade referente aos tratamentos.

Fonte: Melo, 2017

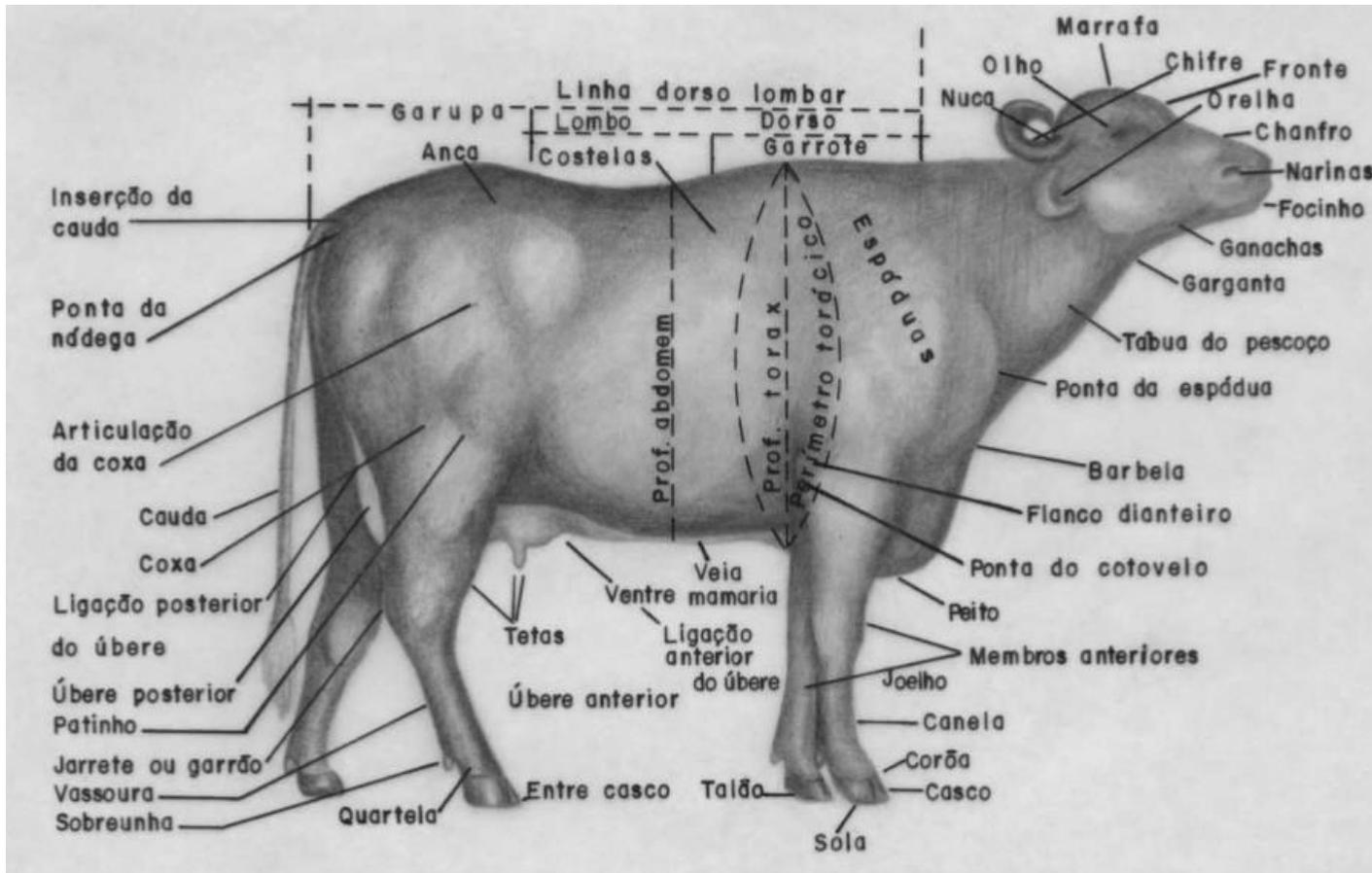


Figura 3. Descrição do exterior da búfala da raça Murrah.
Fonte: Ramos, 2008