

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA
CÂMPUS DE BOTUCATU

DETERMINAÇÃO DO PESO À MATURIDADE DE BUBALINOS DE TRÊS
GRUPOS GENÉTICOS UTILIZANDO COMPOSIÇÃO QUÍMICA CORPORAL

ALINE SAMPAIO ARANHA

Tese apresentada ao Programa de Pós-
graduação em Zootecnia como parte das
exigências para obtenção do título de
Doutor em Zootecnia.

BOTUCATU – SP

Agosto – 2019

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA
CÂMPUS DE BOTUCATU

DETERMINAÇÃO DO PESO À MATURIDADE DE BUBALINOS DE TRÊS
GRUPOS GENÉTICOS UTILIZANDO COMPOSIÇÃO QUÍMICA CORPORAL

ALINE SAMPAIO ARANHA

Zootecnista

Orientador: Prof. Assoc. André Mendes Jorge

Co-orientador: Dr. André Michel de Castilhos

Co-orientadora: Dra. Caroline de Lima Francisco

Tese apresentada ao Programa de Pós-
graduação em Zootecnia como parte das
exigências para obtenção do título de
Doutor em Zootecnia.

BOTUCATU - SP

Agosto – 2019

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÊC. AQUIS. TRATAMENTO DA INFORM.
DIVISÃO TÉCNICA DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - CÂMPUS DE BOTUCATU - UNESP
BIBLIOTECÁRIA RESPONSÁVEL: ROSEMEIRE APARECIDA VICENTE-CRB 8/5651

Aranha, Aline Sampaio.

Determinação do peso à maturidade de bubalinos de três grupos genéticos utilizando composição química corporal / Aline Sampaio Aranha. - Botucatu, 2019

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia

Orientador: André Mendes Jorge

Coorientador: André Michel de Castilhos

Coorientador: Caroline de Lima Francisco

Capes: 50405004

1. Búfalo - Alimentação e rações. 2. Confinamento (Animais). 3. Nutrição animal. 4. Composição corporal.

Palavras-chave: Bubalus bubalis; Confinamento; Jafarabadi; Mediterrâneo; Murrah.

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

Aline Sampaio Aranha – nascida em 21 de abril de 1990, na cidade de Tupi Paulista/SP - Brasil, filha de Leni Vieira Sampaio Alves Aranha e João Alves Aranha. Em dezembro de 2013, concluiu a graduação em Zootecnia pela Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – Câmpus de Dracena, UNESP - Brasil. Durante a graduação realizou pesquisas na área de espermatogênese de animais silvestres intituladas “Cronologia da via espermática e desenvolvimento corporal em cutias criadas em cativeiro” Processo 2009/54442-9 e na área de produção de bovinos de corte, intitulada “Desempenho e características da carcaça e carne de bovinos terminados em pastagem no período seco com suplementação e diferentes ofertas de forragem” Processo 2011/17222-0, como bolsista FAPESP. Em março de 2014, iniciou o curso de mestrado no Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia Animal, área de concentração Produção de ruminantes na Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – Programa Interunidades dos Campi de Dracena e Ilha Solteira, realizou estudos na área de produção animal e redigiu o trabalho intitulado “Desempenho e bem estar de bovinos em sistemas integrados de produção agropecuária”, como bolsista CAPES por 11 meses e concluiu o curso em 19 de janeiro de 2016. Em 01 de março de 2016 ingressou no curso de doutorado no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – Câmpus de Botucatu, realizando estudos na área de produção de bubalinos e redigiu a tese intitulada “Composição química corporal de bubalinos de três grupos genéticos terminados em confinamento”, como bolsista CAPES durante 35 meses.

DEDICATÓRIA

À minha avó Josepha Rodrigues Alves (*in memoriam*).

AGRADECIMENTOS

À Deus que me deu forças e possibilitou que eu chegasse até aqui, e por todas as pessoas que Ele colocou em meu caminho.

Ao Professor André Mendes Jorge pela oportunidade, confiança e por todos ensinamentos e lições.

Aos meus co-orientadores André Michel de Castilhos e Caroline de Lima Francisco pela paciência, dedicação e por tudo que me ensinaram.

Aos funcionários da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia – FMVZ/UNESP, em especial ao Amarildo dos Santos Vieira (Liu), Arivaldo Inácio Primo Júnior (Dinho) e Wilson Bueno de Oliveira (Lipi).

A todos estagiários que passaram pelo Centro de Pesquisas Tropicais em Bubalinos durante o período de realização deste trabalho.

Aos estagiários do Laboratório de análises químicas do Departamento de Tecnologia de Produtos de Origem Animal da Faculdade de Ciências Agrárias - FCA/UNESP.

Aos Professores Paulo Roberto de Lima Meirelles e Roberto de Oliveira Roça por cederem seus laboratórios.

Aos meus pais, João Alves Aranha e Leni Vieira Sampaio Aranha.

Aos meus irmãos, Helena Sampaio Aranha e Ivan Sampaio Aranha.

Aos pós-graduandos do Centro de Pesquisas Tropicais em Bubalinos – CPTB por toda ajuda, colaboração e companhia durante esses anos.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES pela bolsa de doutorado e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP pelo auxílio financeiro à pesquisa (Processo 2014/05473-7).

Ao Frigorífico Fribordogue por toda colaboração na realização desta pesquisa.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

SUMÁRIO

CAPÍTULO I

Considerações iniciais	2
1. Introdução.....	2
1.1 Panorama da bubalinocultura	4
1.1.1 Bubalinocultura	4
1.2 Grupos genéticos	6
1.2.1 Jafarabadi.....	7
1.2.2 Mediterrâneo.....	7
1.2.3 Murrah	8
1.2.4 Carabao.....	8
1.3 Peso de corpo vazio	8
1.4 Crescimento e composição química corporal.....	10
1.4.1 Maturidade e porte.....	13
1.4.2 Extrato etéreo.....	14
1.4.3 Proteína.....	19
1.4.4 Matéria mineral.....	21
1.5 Peso na maturidade	22
Objetivo	25
Bibliografia citada	26
CAPÍTULO II.....	33
Introdução.....	37
Material e métodos	37
Análise estatística	42
Resultados.....	43
Discussão	50
Bibliografia consultada.....	52

LISTA DE ABREVIATURAS

ABIEC – Associação Brasileira de Importadores e Exportadores de Carne

AOAC – *Association of Official Analytical Chemists*

CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior

CEUA – Câmara de Ética de Uso de Animais

CPTB – Centro de Pesquisas Tropicais em Bubalinos

FAPESP – Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo

FMVZ – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia

MS – Matéria seca

MSLG – Matéria seca livre de gordura

PCVZ – Peso de corpo vazio

PVJ – Peso vivo em jejum

SAS - *Statistical Analysis System*

UNESP – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”

LISTA DE TABELAS

	Página
CAPÍTULO 2	
Tabela 1. Composição percentual dos ingredientes e nutrientes da dieta.....	39
Tabela 2. Estatística descritiva das variáveis utilizadas nos conjuntos de dados para desenvolver as equações.....	38

LISTA DE FIGURAS**CAPÍTULO 2**

- Figura 1. Relação entre o conteúdo de água, extrato etéreo, proteína bruta e matéria mineral e o corpo vazio de três grupos genéticos de bubalinos.....40
- Figura 2. Relação entre as proporções de água, extrato etéreo, proteína bruta e matéria mineral de três grupos genéticos de bubalinos.....41
- Figura 3. Relação entre as proporções de extrato etéreo, proteína bruta e matéria mineral de três grupos genéticos de bubalinos.....42
- Figura 4. Relação entre o conteúdo de proteína bruta na matéria seca livre de gordura no corpo vazio e o peso de corpo vazio em bubalinos Jafarabadi terminados em confinamento e o limite inferior do intervalo de confiança de ‘A’ (95%) que representa o momento em que o animal atinge a maturidade 42
- Figura 5. Relação entre o conteúdo de proteína bruta na matéria seca livre de gordura no corpo vazio e o peso de corpo vazio em bubalinos Mediterrâneo terminados em confinamento e o limite inferior do intervalo de confiança de ‘A’ (95%) que representa o momento em que o animal atinge a maturidade 42
- Figura 6. Relação entre o conteúdo de proteína bruta na matéria seca livre de gordura no corpo vazio e o peso de corpo vazio em bubalinos Murrah terminados em confinamento e o limite inferior do intervalo de confiança de ‘A’ (95%) que representa o momento em que o animal atinge a maturidade 43

CAPÍTULO I

CONSIDERAÇÕES INICIAIS

1. INTRODUÇÃO

O elevado crescimento da população mundial, atualmente estimado em 1,2% ao ano, aliado ao aumento na expectativa de vida (FRANCISCO, 2019) e ao desenvolvimento econômico acelerado de países com grande contingente populacional, como Índia e China, vem gerando uma demanda acentuada por alimentos, em particular os de origem animal. Somado a isso, as restrições na expansão das terras agricultáveis, forçam o aumento da produtividade para ampliar a oferta de alimentos (SAATH; FACHINELLO, 2018).

A chave para atender ao crescimento da demanda do mercado externo e assegurar a competitividade brasileira no mercado mundial da carne vermelha, com sustentabilidade, resume-se nas palavras “conhecimento” e “eficiência”. Na produção animal, o conhecimento da espécie é crucial para o sucesso da atividade. A compreensão do crescimento, desenvolvimento e maturidade para atender às exigências nutricionais da espécie que se almeja produzir determinará a capacidade real da operação.

Segundo Owens et al. (1993), os tecidos do corpo crescem e se desenvolvem em ondas de crescimento específicas e apresentam taxas de crescimento diferentes, as quais se alteram durante sua vida começando com o tecido nervoso e, em seguida, os ossos e tecido muscular e, por último, o tecido adiposo, quando está próximo da maturidade.

A maturidade química ou fisiológica é considerada como o momento em que a massa muscular atinge o ponto máximo, ou ainda, o peso acima do qual o ganho é somente de gordura (NRC, 1984). Ganhos acima desse peso implicam em maiores quantidades de alimento e, portanto, custos maiores (LEME et al., 2000). Frequentemente, o pecuarista preocupa-se apenas em produzir animais pesados, sem se atentar ao fato de que nem sempre este tipo de animal é lucrativo, pois na maioria das vezes já ultrapassou o peso ideal para abate (LEME et al., 2000).

O crescimento do animal pode ser avaliado através das curvas obtidas por meio de dados de peso e idade, sob o ponto de vista econômico, analisar as taxas de crescimento é interessante tanto para pesquisadores quanto para produtores. Para a maior eficiência de produção, o peso ao abate deve ser definido por meio da composição corporal, ou seja, com maior proporção de músculos, menor quantidade de ossos e a quantidade mínima de gordura na carcaça exigida pelo mercado consumidor (LEME et al., 2005).

Consequentemente, a partir dessa base de conhecimento, pode-se buscar o aumento da eficiência adotando-se um sistema produtivo que privilegie a precocidade do rebanho, efetuando corretamente os manejos reprodutivos, nutricionais e sanitários, atendendo os requisitos de bem-estar animal, respeito ao meio ambiente e responsabilidade social.

Dentro desse contexto e com a consciência da elevação do custo operacional total, o aumento de produtividade é fundamental para melhorar a rentabilidade e garantir a liderança do Brasil no mercado internacional da carne. Dentre as práticas zootécnicas, a formulação de dietas específicas resulta em máxima eficiência dos animais, além de reduzir o desperdício de grãos e cereais. Essas dietas devem ser exclusivas para cada fase de vida do animal, estado fisiológico, condição sexual, nível de produção, sistema de criação e condição climática, entretanto, para definir as exigências nutricionais de qualquer espécie se faz necessária a determinação da composição química corporal dos animais. No entanto, a criação de bubalinos necessita de elucidaciones referentes a vários conceitos científicos para assegurar as exigências nutricionais de cada fase do desenvolvimento dessa espécie em condições tropicais.

Tendo em visto, que maioria dos trabalhos é realizada para verificar o crescimento alométrico dos tecidos ósseo, muscular e adiposo em relação ao peso da carcaça e idade do animal, no entanto, informações a respeito de como esses tecidos crescem em relação à evolução do peso de determinados cortes comerciais da carcaça de bubalinos são raros. Contudo mais experimentos são necessários para aumentar o número de repetições e proporcionar

condições para que os procedimentos estatísticos identifiquem com maior precisão o efeito do desenvolvimento dos tecidos de acordo com o peso corporal do animal.

1.1 PANORAMA DA BUBALINOCULTURA

1.1.1 Bubalinocultura

A pecuária de corte apresenta posição de destaque na economia brasileira. Em 2018 gerou R\$ 6,83 trilhões, foi responsável por 8,7% do PIB e por manter a balança comercial positiva, além de apresentar crescimento real de 2% enquanto os demais setores tiveram resultados negativos (ABIEC, 2019). A pecuária gerou 37 mil novas vagas de emprego o que corresponde a 20% (18 milhões) das vagas com carteira assinada no Brasil (FORMIGONI, 2019).

Dentre as espécies de interesse zootécnico responsáveis por esses resultados os bubalinos possuem representativa participação, de acordo com a FAO (2018), o rebanho mundial de bubalinos alcançou a marca de 199 milhões de cabeças em 2016, representando cerca de 12% dos bovídeos (bovinos e bubalinos) do mundo.

A espécie bubalina apresentou ainda, um acréscimo no número de cabeças de aproximadamente 1,4% em relação ao ano anterior, sendo sua maior concentração encontrada no continente asiático (86%). Nessas regiões, onde habita mais de 60% da população humana, a espécie possui significativa e crescente importância tanto econômica quanto em segurança alimentar, cuja relevância se evidencia no crescimento relativo do rebanho bubalino mundial, mais de quatro vezes superior ao de bovinos entre 1980 e 2011 (61% versus 15 %) e no período entre 1961 e 2005 apresentou um aumento singular de 1.806%, o que representa o maior crescimento entre as espécies de interesse econômico (FAO, 2018).

Somadas a todas essas características a espécie configura uma importante fonte de alimento de alto valor biológico para atender as necessidades dos países em desenvolvimento,

devido a capacidade de aproveitamento das forrageiras de menor valor nutritivo, uso de áreas alagadas e de difícil utilização pela agricultura e por outros animais (COCKRILL, 1984).

Na América do Sul, o Brasil se destaca como detentor do maior rebanho bubalino, seguido da Argentina, Venezuela, Peru e Colômbia (SANTOS et al., 2016). O rebanho bubalino brasileiro possui 1,3 milhões de cabeças e encontra-se concentrado principalmente na região Norte do país (65%), o que pode ser explicado pela chegada dos animais oriundos da Europa, Caribe e Ásia nesta região do país no final do século XIX, que se deu na Ilha de Marajó (SANTOS et al., 2016).

Em relação ao abate de bubalinos, em 2016, a Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação - FAO estimou que foram abatidos aproximadamente 26 milhões de bubalinos no mundo e produzidas mais de 3 milhões de toneladas de carcaças com peso médio de 146,1 kg (FAO, 2018). Sendo que, estima-se que, no Brasil, foram abatidos mais de 15 mil animais no mesmo ano.

Preconiza-se atingir o peso ideal de abate o mais rápido possível a fim de tornar o processo rentável e funcional dentro de um contexto de pecuária de ciclo curto (JORGE et al., 2005), dessa forma, em rebanhos dedicados exclusivamente ao corte, observa-se que os machos atingem de 430 a 480 kg entre 18 e 24 meses (BERNARDES, 2007). Quando terminados em confinamento, os bubalinos apresentam performance satisfatória com ganhos de peso equivalentes e/ou superiores aos alcançados por zebuínos nas mesmas condições (ASSUMPÇÃO, 1996).

No entanto, os consumidores associam a carne bubalina a características de baixa qualidade em razão dessa carne ter sido oriunda durante muitos anos de animais abatidos com idade avançada (SILVA e NARDI JUNIOR, 2014), principalmente fêmeas descarte da produção de leite ou animais utilizados para tração. Atualmente, os bubalinos voltados à produção de carne são abatidos jovens e produzem carne macia, suculenta e de excelente

qualidade (DEBAKY, et al., 2019). Quando se compara a carne bubalina à bovina, a carne bubalina apresenta em média 40% menos colesterol; 55% menos calorias; 12 vezes menos gordura; 11% mais proteína e 10% mais minerais (SILVA; NARDI JÚNIOR, 2014). Estes aspectos são extremamente positivos e desejáveis para uma alimentação saudável, sendo a carne bubalina recomendada por médicos e nutricionistas (JORGE, 2005), inclusive como alimento nutracêutico.

Apesar de todo aumento na cadeia produtiva da bubalinocultura citado, é verídica a ausência de estudos sobre exigências nutricionais de bubalinos em condições tropicais que sirvam como referência para elaboração de planos nutricionais adequados a cada fase da produção. Jorge et al. (1997a) relataram que os estudos em diversas condições de manejo e nutrição, no Brasil, ainda são carentes e muitas vezes contraditórios.

1.2 GRUPOS GENÉTICOS

Classificados como animais ruminantes pertencentes à família Bovidae, subfamília Bovinae, espécie (*Bubalus bubalis*) de origem asiática, rústica, dotada de alta capacidade de adaptação. À vista disso, a opção do criador em utilizar o bubalino, como produtor de leite, carne ou como animal de dupla aptidão, deve ser baseada no local em que a criação está inserida e no respectivo mercado consumidor (JORGE, et al., 2005).

No Brasil atualmente, são encontrados e reconhecidos pela Associação Brasileira de Criadores de Búfalos (ABCB) quatro grupos genéticos de bubalinos, a saber, Carabao, Jafarabadi, Mediterrâneo e Murrah, que são subdivididos em búfalos de rio e de pântano (Carabao) e diferem inclusive quanto ao número de cromossomos, 48 nos bubalinos de pântano e 50 nos de rio. Sendo diferentes em aspectos fisiológicos, possuem exigências nutricionais distintas em relação aos bovinos (ABCB, 2019).

1.2.1 Jafarabadi

De origem asiática, mais precisamente da cidade de Jafarabadi, a oeste da Índia, os animais desse grupo genético se destacam por seu grande porte e aptidão para produção de carne. Na Índia são encontrados nas florestas de Gir de Kathiawad e estão concentrados principalmente em Kutch e distritos de Jamnagar no Estado de Gujarat (ZAVA, 2011).

Os animais deste grupo genético apresentam como características marcantes a cor negra, manchas brancas são aceitas, chifres longos, grossos e voltados para baixo e para os lados do pescoço, cabeça com perfil ultra convexo e barbela bem desenvolvida. Possuem frente proeminente, é o grupo genético de maior porte e desenvolvimento tardio. São animais fortes de enorme capacidade torácica, profundos, no entanto possuem dificuldade de recuperar o peso após períodos de restrição alimentar. Destacam-se no Brasil por sua produção de carne, os machos pesam entre 700 e 1.500 kg e as fêmeas de 650 a 900 kg.

Ainda, apresentam a subdivisão em variedade Gir, que possui porte menor e variedade Palitana, de porte maior e cabeça mais pesada (ABCB, 2019).

1.2.2 Mediterrâneo

Os animais do grupo genético Mediterrâneo foram os primeiros a serem introduzidos no Brasil, em 1895, provenientes da Itália por meio do criador Vicente Chermont de Miranda e, desde então, houve importações de lotes de bubalinos para todas regiões brasileiras (LOURENÇO JÚNIOR et al., 2008). Também conhecido como búfalo italiano este grupo genético possui dupla aptidão. Apesar de ser selecionado para produção de leite, pelo seu porte maior é explorado também para produção de carne. Portanto apresentam linhagens leiteiras e outras para corte, são o segundo grupo genético mais numeroso no Brasil (ABCB, 2019).

Os animais dessa raça possuem porte médio, cabeça mediamente convexa, chifres de desenvolvimento médio (comparados aos da raça Jafarabadi), grossos e fortes, recurvados e voltados para trás, com as pontas para cima e para dentro, pelagem preta, admitindo-se

pequenas manchas na cabeça e no corpo, cauda com vassoura clara. Na Itália podem ocorrer as pelagens cinza escuro, marrom escura e preta (ABCB, 2019).

São animais de corpo robusto, peito profundo, abdome volumoso, traseira curta e em geral é um animal compacto. O peso corporal varia de 700 a 800 kg nos machos e em média 600 kg nas fêmeas (ZAVA, 2011).

1.2.3 Murrah

Originário da Índia, o Murrah é o grupo genético bubalino mais amplamente distribuído nos trópicos. No idioma Hindu seu nome significa “espiralado”, devido a forma de seus chifres, são animais que possuem dupla aptidão, apesar de ser considerado excelente produtor de leite e na Índia o principal produtor (ABCB, 2019).

No Brasil foi formado por absorção genética de animais puros importados e seus cruzamentos com animais mestiços. São conhecidos pelos chifres curtos e pequenos, em formato de espiral (caracol), possuem fronte com pequena convexidade e larga, cabeça e orelhas curtas, barbela muito curta, pelagem preta, sem manchas brancas, mas podem apresentar tufo de pelos brancos na vassoura da cauda. São animais compactos, maciços, robustos de conformação profunda, possuem extremidades curtas e ossos pesados (ZAVA, 2011).

1.2.4 Carabao

1.3 PESO DE CORPO VAZIO

O peso de corpo vazio (PCVZ) é resultante da subtração do conteúdo do trato gastrintestinal do peso do animal. Diversos estudos apontam que o peso do corpo vazio está relacionado com o rendimento de carcaça e exigência energética dos animais, visto que os tecidos viscerais consomem 50% da energia de manutenção (CATON e DHUYVETTER, 1997; RICHARDSON et al., 2001), tornando-se importante a determinação deste. Além disso, a predição do peso corporal vazio é a maneira mais acurada para se estabelecer o conteúdo energético e nutricional de um indivíduo (OWENS et al., 1995), confirmado por Veloso et al.,

2002, o qual constatou que animais de maior PCVZ possuem maiores exigências energéticas e menores exigências proteicas. O que pode ser explicado por vários mecanismos biológicos, como maior produção de metano durante a digestão (NKRUMAH et al., 2006), maior atividade física (BAREA et al., 2010; LUITING et al., 1994) e maior responsividade ao estresse (KNOTT et al., 2008, 2010). Outro benefício em se determinar o PCVZ, apontado por (GIONBELLI et al., 2006) é a possibilidade de identificar precisamente o desempenho animal nas pesquisas sobre nutrição e nos sistemas de produção.

Alguns fatores influenciam o PCVZ entre estes destacam-se: idade, grupo genético e nível de alimentação (CARVALHO et al., 2003). De acordo com Jorge et al. (1999) animais em restrição alimentar apresentam alterações no peso do fígado e trato gastrointestinal, o que influencia diretamente a estimativa do PCVZ. Tal teoria também é sustentada por Jorge et al. (2005), que em suas pesquisas mencionam que os resultados adquiridos para zebuínos não são relevantes para taurinos e bubalinos, exemplificando a hipótese de variações do PCVZ entre grupos genéticos.

Menezes et al. (2007) afirmam que é importante estabelecer as possíveis variações do PCVZ entre grupos genéticos, considerando que a variável em questão pode estar relacionada com o rendimento de carcaça e as exigências nutricionais, podendo permitir a implementação do grupo genético ideal perante as características da atividade dentro da produção. Adicionalmente, quaisquer fatores relacionados ao rendimento de carcaça são de suma importância, visto que a comercialização de bubalinos é baseada principalmente nesta característica.

Além de que as equações geradas podem ser aplicadas em animais semelhantes àqueles que foram utilizados para determinar as mesmas, permitindo uma otimização da produção, pois possibilita estimar o peso inicial dos animais de uma propriedade (BONILHA et al., 2008; JORGE et al., 2005).

1.4 CRESCIMENTO E COMPOSIÇÃO QUÍMICA CORPORAL

O tecido animal é composto basicamente por água, proteína, extrato etéreo e minerais, bem como uma pequena proporção de carboidratos. Ao comparar diferentes pesos corporais entre animais da mesma espécie, nota-se alterações na participação desses componentes químicos. Tal composição é consequência das variações na proporção e na distribuição dos componentes físicos (carne, gordura e ossos), entre grupos genéticos (BERG et al., 1979), peso (MCDONALD et al., 1995) e plano nutricional (MARCONDES et al., 2012) e podem levar a variações nas exigências nutricionais (ROBELIN; GEAY, 1984).

Dentre esses fatores, o peso é o que mais contribui para a variação da composição química (MCDONALD et al., 1995). No entanto, estes autores não se referem ao peso corporal absoluto, mas ao peso relativo à maturidade do grupo genético ao qual o animal pertence. Adicionalmente, não apenas o peso à maturidade influencia a composição em questão, sabemos, por exemplo, que à medida que o peso do corpo vazio (PCVZ) aumenta, os pesos de todos os constituintes químicos elevam-se, porém em proporções diferentes.

Tomando-se como exemplo bovinos de 450 e 680 kg nota-se decréscimo na composição química média de aproximadamente 71 para 43% no teor de umidade, 19 para 15% no de proteína, 4 para 3% no resíduo mineral fixo e acréscimo de 4 para 37% no teor de extrato etéreo, respectivamente (BERG; BUTTERFIELD, 1976).

Entre os tecidos constituintes do corpo, o osso atinge o máximo desenvolvimento na fase pré-natal, de forma que esteja apto no nascimento, portanto é classificado como um tecido de crescimento antecipado. Os músculos precisam funcionar ao nascimento, mas principalmente durante o pico final de eficiência do animal jovem-adulto; dessa forma, há um grau intermediário de desenvolvimento do músculo durante o nascimento, comparado ao osso e a gordura. Independentemente dos requerimentos ao nascimento ou durante a vida, o tecido

adiposo é o menos essencial entre os três tecidos e por isso, tem um desenvolvimento tardio (BERG; BUTTERFIELD, 1976).

Nesse sentido, no início da vida, os ganhos consistem, principalmente, de água, proteína e minerais, necessários ao crescimento dos ossos e dos músculos, mas, com o avançar da idade, os ganhos são representados por crescente proporção de gordura (MCDONALD et al., 1995), em detrimento dos componentes do corpo magro, representados pelos teores de proteínas e minerais (JORGE; FONTES; PAULINO, 1999; VELOSO et al., 2002).

O crescimento animal é caracterizado pelo aumento no número e tamanho das células dos tecidos que constituem o corpo do animal. O processo de formação de novas estruturas e órgãos é chamado de diferenciação, enquanto a remodelação dessas estruturas e a proporção variável que elas constituem de todo o corpo é conhecida como crescimento diferencial (LAWRENCE; FOWLER; NOVAKOFSKI, 2012).

O estudo e a compreensão do crescimento dos animais domésticos tornaram-se imprescindíveis, visto que a forma como estes animais são produzidos se distância cada vez mais da seleção natural, dadas as condições de manejo oferecidas e o emprego de biotecnologias na busca por maximizar a eficiência da produção animal. Dessa forma, é cada vez mais importante compreender a biologia subjacente do crescimento, a relação inextricável entre forma e função e as implicações para o futuro da pecuária (LAWRENCE; FOWLER; NOVAKOFSKI, 2012).

Há uma tendência no processo de seleção de animais domésticos em buscar animais que são maiores em uma determinada idade, além de maiores que os ancestrais adultos (LAWRENCE; FOWLER; NOVAKOFSKI, 2012). O crescimento rápido foi o maior critério de seleção em muitos grupos genéticos destinados a produção de carne. Em geral, o crescimento rápido é compatível com produção econômica de carne e está associado a eficiência na

conversão alimentar e a tendência de deposição tardia de gordura (BERG; BUTTERFIELD, 1976).

Existem duas razões básicas pelas quais os animais mudam de forma durante o crescimento. A primeira razão está relacionada as alterações nas necessidades fisiológicas à medida que amadurece, por exemplo, são as mudanças que ocorrem nos estômagos dos bovídeos, nos primeiros meses de vida, o rúmen possui pouca utilidade, e permanece pequeno e pouco desenvolvido, enquanto neste estágio o abomaso é relativamente grande (WARRISS, 2010). No entanto, assim que os alimentos volumosos se apresentam em sua dieta, há uma inversão dos tamanhos relativos e logo o rúmen passa a ser o maior dos estômagos (LAWRENCE; FOWLER; NOVAKOFSKI, 2012).

A segunda razão são as alterações na composição química do corpo vazio do animal constantes durante o crescimento animal, e por sua vez são influenciadas por diversos fatores como: peso de abate (grau de maturidade), *frame size*, condição sexual, grupo genético e plano nutricional, que atuam na aceleração ou desaceleração do crescimento de cada tecido e sobre a idade e o peso que isso ocorrerá (ARC, 1980; BERG; BUTTERFIELD, 1976; COLEMAN et al., 1993; CASTILLO ESTRADA, 1996; OWENS et al., 1993; PAULINO et al., 1999).

Durante o crescimento animal as exigências de proteína e energia aumentam, e à medida que a maturidade se aproxima a velocidade de crescimento diminui (MOULTON, 1923) com consequente estabilização da relação proteína:energia. Entretanto, antes de atingir o peso à maturidade o requerimento de proteína diminui e a quantidade de gordura depositada aumenta lentamente a fim de se terminar a carcaça, e para que isso ocorra é necessário a inclusão de mais energia na dieta (JORGE et al., 1999). Concomitante a essas alterações, o aumento do peso de corpo vazio (PCVZ) reduz a proporção de ossos na carcaça (CASTILLO ESTRADA, 1996; GALVAO et al., 1991; JORGE et al., 1997). Roushdy et al. 1978, registraram menor proporção

de ossos em bubalinas de 24 meses quando comparadas com bubalinas de 15 e 18 meses, resultados semelhantes também foram observados por Zakhariiev e Petrov (1982).

O aumento da relação músculo:osso é resultado da velocidade de crescimento dos músculos, os quais tendem a desenvolver-se mais rápido que os ossos (RAO et al., 2009). Esse aumento é bastante lento, cerca de 0,03 na relação músculo:osso para cada 10 kg de incremento no peso de carcaça (BERG; BUTTERFIELD, 1966) e provavelmente não é de grande importância econômica dentro da estreita faixa de pesos de carcaça ideais vistos em qualquer mercado (BERG; BUTTERFIELD, 1976).

O valor de uma carcaça leva em consideração aspectos como a proporção de carne, gordura e ossos (FORTALEZA, 2015). À vista disso, ao se estudar a composição da carcaça busca-se aumentar a proporção de músculos, minimizar a de ossos e atingir a quantidade de gordura desejada pelo mercado. (BERG; BUTTERFIELD, 1976).

Sendo assim, podemos inferir que para cada mercado específico existe um estágio de desenvolvimento e/ou grau de maturidade ideal para abate, o que pode ser simplesmente indicado pela quantidade de gordura na carcaça, e este ponto é determinado, particularmente, pelo poder econômico dos consumidores (BERG; BUTTERFIELD, 1976).

1.4.1 Maturidade e Frame size

A relação entre *frame size* (porte) e musculatura é considerada minuciosa e tem sido apontada por influenciar a proporção de músculo, osso e cortes nobres, de modo que animais pesados e com pouca gordura apresentam maior proporção músculo:osso na carcaça (BERG; BUTTERFIELD, 1976).

Se os animais podem ser avaliados no mesmo nível de gordura, ou se a influência da gordura pode ser devidamente corrigida, nota-se que animais de *frame* maior terão mais tecido muscular e conseqüentemente poderão apresentar maior rendimento de cortes nobres. Nesse

sentido, poucas vantagens têm sido demonstradas em favor dos animais de *frame* compacto, exceto em relação ao nível de gordura (BERG; BUTTERFIELD, 1976).

Prior et al. (1977) relataram que em dietas de alta energia, animais de porte pequeno aumentam sua taxa de deposição de gordura mais intensamente em relação a animais de porte grande durante a fase de terminação, mas geralmente animais de porte menor estão mais próximos da maturidade do que animais de porte grande.

Nem sempre a maior espessura de músculo na carcaça de boa conformação se deve a maior profundidade da área de olho de lombo, mas sim à gordura sobreposta. Portanto, a conformação por si só pode ser alcançada com excesso de deposição de gordura, o que ofusca as vantagens obtidas na relação músculo:osso (BERG; BUTTERFIELD, 1976).

No pico do desenvolvimento muscular muitas das diferenças de conformação são consequência do total de células musculares. O processo de hipertrofia afeta as fibras musculares, então os músculos que possuem alta proporção de fibras musculares em detrimento do tecido conjuntivo, tais como os músculos dos membros pélvicos, se tornarão relativamente maiores e com menor proporção de tecido conjuntivo (BERG; BUTTERFIELD, 1976).

Em relação a composição química corporal dos animais é constituída por cerca de um terço dos elementos químicos existentes, dos quais 20 deles são essenciais à vida. Isto posto, em peso, há predominância de água e compostos orgânicos, como proteínas e lipídeos, no corpo do animal (GUIMARÃES; ADELL; FELÍCIO, 2010).

1.4.2 Extrato etéreo

Embora vários estudos tenham demonstrado que a composição do peso de corpo vazio (JESSE et al., 1976) é independente de influências nutricionais ao atingir determinado peso, está bem estabelecido que aumentos na ingestão de energia da dieta podem melhorar a proporção de gordura depositada na carcaça (KEANE et al., 1990) e no corpo vazio (FORTIN et al., 1980). Contudo, acredita-se que o plano nutricional é um dos fatores mais importantes

que afetam a composição corporal e o desenvolvimento do crescimento e em razão disso, cada vez mais há uma tentativa de se modificar insumos nutricionais à fim de alterar a composição da carcaça em ruminantes (CARSTENS; JOHNSON, 1991).

Diversos autores levantaram a hipótese de que a energia da dieta é um fator importante na deposição de gordura (COLEMAN; EVANS; GUENTHER, 1993; GUENTHER et al., 1965; HENDRICKSON; POPE; HENDRICKSON, 1965; NOUR et al., 1981), entretanto Nour e Thonney (1987) e Williams et al. (1983), concordaram que a dieta não influencia a proporção de tecido mole na carcaça. Se essa premissa for verdadeira, a dieta provavelmente está mais correlacionada com a composição do tecido mole do que com sua proporção na carcaça.

A dieta pode aumentar a taxa de ganho de peso, mas que não está necessariamente correlacionada com o ganho de peso e sim com a composição do ganho (FERRELL et al., 1978). Por exemplo, a dieta rica em grãos aumenta o ganho de peso corporal, mas o ganho é composto principalmente de gordura.

Segundo Berg e Butterfield (1976), a deposição de gordura dependerá fortemente da quantidade de nutrientes disponíveis acima do que é requerido para manutenção. Sob restrição alimentar, a gordura será o primeiro componente usado pelo animal e o osso o último tecido utilizado para manter as funções vitais.

Portanto, embora o plano nutricional seja importante para mudanças na composição corporal, sua inclusão em equações preditivas não é fácil e essa informação nem sempre está disponível.

O tecido adiposo é o componente mais inconstante na carcaça, bem como, pode ser responsável pela redução no preço de venda de alguns cortes. À vista disso, para alguns grupos genéticos o peso de abate deve coincidir com o peso à maturidade, no qual a porcentagem de gordura encontra-se desejável. Consequentemente, a proporção de gordura acaba se tornando um fator importante na decisão do ponto de abate dos animais (BERG; BUTTERFIELD, 1976).

A quantidade e a distribuição de gordura pelo corpo possuem efeito marcante na conformação do animal e a distribuição pode ser mais importante que o montante durante o processo de engorda (BERG; BUTTERFIELD, 1976).

A escolha do grupo genético possui grande importância na composição da carcaça e definição das exigências nutricionais para produção. Os grupos genéticos diferem quanto a taxa de deposição de extrato etéreo e conseqüentemente quanto ao peso em que atingem a quantidade de extrato etéreo ideal para abate. Visto que o extrato etéreo é o componente mais variável e oneroso nas carcaças, podemos entender porque alguns grupos genéticos são exaustivamente produzidos e outros nem tanto (BERG; BUTTERFIELD, 1976).

O teor de extrato etéreo na carne varia de 3 a 5% (BARROS; VIANNI, 1979), classificando-se como intracelular, intercelular e extracelular. O intracelular é encontrado sob a forma de gotículas no plasma celular, enquanto o extracelular constitui o extrato etéreo muscular, localizado no tecido conjuntivo (BERG; BUTTERFIELD, 1976).

Afora essa classificação, existem três locais principais de deposição de gordura no corpo: a) subcutâneo: o qual compreende a maior quantidade e localiza-se nos depósitos sob a pele e ao redor dos órgãos (gordura visceral), constitui a gordura visível em um corte cárneo e pode atingir de 40 a 50% do peso total em cortes como a costela, composta em grande parte por triglicérides; b) intermuscular: encontrado em faixas de gordura visíveis entre os feixes de fibras musculares em cortes menores e pode constituir de 4 a 8% do peso da carne magra; c) intramuscular (marmoreio): também conhecido como parte da gordura estrutural ou pequenas partículas de gordura dentro da estrutura muscular que inclui fosfolipídios e, em certa medida, ácidos graxos de cadeia longa (BERG; BUTTERFIELD, 1976). A quantidade desta fração gordurosa varia com o tecido, e pode constituir de 1 a 3% do peso úmido do músculo (OWENS et al., 1995).

A gordura da carcaça (subcutânea e intramuscular) está prontamente disponível para o animal quando se trata de qualquer tipo de restrição alimentar, mas a gordura visceral, está correlacionada com o metabolismo animal, é constante e menos utilizada para o fornecimento de energia durante os períodos de restrição alimentar, portanto, provavelmente representa melhor o teor de gordura no corpo vazio (BUTTERFIELD, 1966). Se o animal passar por um período de estresse (por exemplo, pré-abate), mudanças na gordura da costela podem aumentar os erros na composição da carcaça ou do corpo, pois a alteração do teor de gordura afeta a proporção de outros componentes (MARCONDES et al., 2012).

Ao avaliarem a carne de bovinos Nelore e bubalinos Mediterrâneo e Jafarabadi, Mattos et al. (1997) não encontraram diferença para o teor de extrato etéreo (1,2 versus 0,6 e 1,0%), ao passo que Andrighetto et al. (2008) estudaram a composição da carne de bubalinos Murrah e obtiveram média de 3,12% de extrato etéreo. Infascelli et al. (1994) comprovaram que a carne de bubalinos apresenta menor teor de extrato etéreo e maior maciez em relação à de bovinos, em razão da menor taxa de crescimento do diâmetro da fibra muscular, associada à menor consistência do tecido conectivo.

Brundgart (1972) mencionou indicativos para complexidade de se relacionar o crescimento com a composição corporal, uma vez que essa relação está condicionada a decisões arbitrárias baseadas em comparações feitas entre animais de mesma idade, peso ou nível de gordura na carcaça: 1. Animais de mesmo peso com ganho de peso mais rápido são mais eficientes em relação a animais leves, com ganho de peso lento. 2. No mesmo nível de gordura animais com ganho de peso rápido são mais eficientes que animais leves. 3. O ganho de peso em animais de porte grande e pesados é semelhante ao ganho de peso em animais de pequeno porte e leves. 4. Animais selecionados para crescimento alcançam carcaças desejadas ou composição corporal constante com elevado peso. Portanto a avaliação de animais de diferentes

grupos genéticos e padrões de crescimento em peso de terminação, tem pouca relevância prática na composição ou na escala de classificação de carcaças.

Umidade

Ao realizar a composição química de um alimento, quantifica-se em 100g os componentes fundamentais dos alimentos, sendo eles umidade, proteína, extrato etéreo e matéria mineral. As proporções de cada componente da composição química estão relacionadas direta ou inversamente, um exemplo é a umidade e o extrato etéreo, que possuem reciprocidade negativa, ou seja, quanto maior a umidade menor será o teor de extrato etéreo (RODRIGUES; ANDRADE, 2004).

Este aspecto poderia ser explicado pelo fato de que a água se localiza mais nos músculos e menos na gordura, isto porque a substância que mais se liga à água é a proteína e na carcaça a carne é o componente mais rico em proteína (BARROS; VIANNI, 1979). Felício (1999) aponta que a proteína exerce atração sobre a água, podendo-se inferir que carnes com maior teor de água apresentam maior teor de proteína. Ademais há a tendência de redução do teor de umidade, proteína e minerais, em carnes com elevado teor de extrato etéreo, possivelmente porque este componente ocuparia o espaço dos demais constituintes (RODRIGUES; ANDRADE, 2004).

A grande participação da água na composição do tecido animal, do ponto de vista sensorial e tecnológico, influencia fatores qualitativos como maciez, suculência e a qualidade de processamento da carne, bem como do ponto de vista econômico contribui com o peso da carne, visto que perda de umidade é perda de peso do produto (BERG; BUTTERFIELD, 1976). Em torno de 0,1% da água intracelular do tecido muscular é água de constituição, ou seja, está ligada às moléculas do miofilamento, 5 a 10% é água interfacial e encontra-se na superfície das proteínas, com mobilidade relativamente restrita, e permanece líquida mesmo após o congelamento. Enquanto o restante, de 90 a 95% da água intracelular, sofre atração das

proteínas. E por fim, a água dos espaços extracelulares, cerca de 10% da água do músculo vivo (FELÍCIO, 1999).

Marcondes et al. (2012) verificaram efeito de sexo na predição de equações para estimar o conteúdo de água no corpo vazio, portanto foram desenvolvidas equações para cada sexo usando o teor de umidade na seção HH, a porcentagem de gordura visceral no corpo vazio e a água presente nos órgãos e vísceras. As equações explicaram 81,4% da variação total de água no corpo vazio, dos quais 90,4% são explicados pela água na seção HH, 6,39% pela porcentagem de gordura visceral no corpo vazio e 3,22% pela água presente nos órgãos e vísceras.

Como a água é o principal componente da carcaça, sua estimativa possui influência nos demais componentes. E se a proteína e o resíduo mineral fixo estiverem expressos como uma porcentagem da matéria livre de gordura corporal e isenta de água, pode se usar a razão constante de proteína:resíduo mineral fixo de 73,4: 26,6, independentemente do peso corporal. Portanto, em algumas ocasiões, pode ser possível prever a composição de carcaças quantificando apenas água e extrato etéreo, resultados semelhantes foram encontrados por Nour e Thonney, (1994).

1.4.3 Proteína

As proteínas possuem porções estruturais e não estruturais para desempenhar sua função celular. Elas se complexam com lipídios para formar membranas nucleares e plasmáticas que apresentam propriedades únicas e, por serem enzimas, atuam como catalisadores e auxiliam muitas reações químicas dentro da célula (LAWRENCE et al., 2012).

No corpo do animal, aproximadamente 65% das proteínas são proteínas do músculo esquelético, cerca de 30% são proteínas do tecido conjuntivo (colágeno, elastina) e os 5% restante, proteínas do sangue e queratina presente no pelo e casco (BERG; BUTTERFIELD, 1976).

As proteínas da carne bubalina estão divididas em estruturais - actina e miosina (miofibrilar), sarcoplasmática solúvel encontrada no suco muscular e tecido conjuntivo - colágeno e elastina, envolvendo a proteína estrutural (FONT-I-FURNOLS et al., 2015).

O colágeno difere da maioria das outras proteínas quanto ao conteúdo de aminoácidos, hidroxilisina e hidroxiprolina e não contém cisteína e triptofano. A elastina, também presente no tecido conjuntivo, tem menos hidroxilisina e hidroxiprolina. Isso explica o menor valor proteico nos cortes mais ricos em tecido conjuntivo (FONT-I-FURNOLS et al., 2015).

Com o avanço da idade do animal o colágeno torna-se menos solúvel e menos digerível, por isso os animais mais velhos fornecem carne de menor qualidade. Assim como animais utilizados para tração produzem carne dura (FONT-I-FURNOLS et al., 2015).

A proteína é o principal componente da carne que contém nitrogênio, o qual possui teor praticamente constante. Portanto, o teor de proteína da carne é determinado com base no teor total de nitrogênio, através do método Kjeldahl, sendo este universalmente utilizado. O teor de nitrogênio é então multiplicado por um fator para fornecer o conteúdo de proteína, baseando-se em dois pressupostos: que os carboidratos e gorduras alimentares não contêm nitrogênio e que quase todo o nitrogênio presente na dieta é proveniente dos aminoácidos das proteínas. Com base no teor médio de nitrogênio (N) das proteínas, cerca de 16%, utiliza-se o cálculo $N \times 6,25$ ($1 / 0,16 = 6,25$) para converter o conteúdo de nitrogênio em teor de proteína (FONT-I-FURNOLS et al., 2015).

Marcondes et al. (2016) ao desenvolver equações de predição do conteúdo de PB no corpo vazio para novilhos Nelore e mestiços verificou que a equação explicou 58,9% da variação, dos quais 95,8% foram explicados pela proteína bruta na seção HH e os demais 4,83% foram explicados pela porcentagem de gordura visceral.

Mattos et al. (1997), não encontraram diferença no teor de proteína ao estudarem a carne de bovinos Nelore e bubalinos Mediterrâneo e Jafarabadi (23,3 versus 22,7 e 21,8%

respectivamente). Paleari et al., (2000), por sua vez, encontraram diferença em favor da carne bovina para o teor de proteína bruta (31,9 versus 29,8%) em relação à carne bubalina.

1.4.4 Matéria mineral

A porção mineral do corpo é composta por vários elementos em quantidades variáveis nas diferentes partes do corpo, de acordo com suas funções (RODRIGUES et al., 2010). Os minerais constituem cerca de 5% do peso vivo e tem participação importante nas reações enzimáticas, são específicos e fundamentais para a vida (KINCAID, 1988; PAULINO et al., 1999).

De acordo com Underwood et al. (1999) e ARC, (1980) os requerimentos minerais variam de acordo com a espécie ou grupo genético do animal, intensidade ou taxa de produção assegurada por outros aspectos da dieta, ou o ambiente, e pelo critério de adequação empregado. Além disso, deve-se considerar sobretudo o sexo e o peso do animal (ARC, 1980; NRC, 1984).

O AFRC (1991) aponta que, além do suprimento adequado de minerais, há necessidade de adequar os níveis de proteína e energia para que ocorra o desenvolvimento correto dos ossos. Do mesmo modo, NRC (1984) relaciona as exigências de Ca e P ao ganho diário de proteína e Conrad et al. (1985) afirmam que a nutrição adequada de Ca e P depende do nível de vitamina D da dieta.

A carne bovina contém ampla variedade de minerais, dentre esses sabemos que ferro, zinco e cobre apresentam concentração consideravelmente diferente entre espécies e elevados níveis de minerais na dieta nem sempre aumentam o teor de minerais na carne (OWENS et al., 1995).

Os minerais disponibilizados por meio de alimentos frescos, como a carne *in natura*, raramente excedem o teor de 5% e os alimentos processados podem conter até 12% de cinzas, como é o caso da carne seca. Cabe salientar que, no caso dos alimentos processados

frequentemente, o cloreto de sódio e os fosfatos são os principais componentes minerais (OWENS et al., 1995).

Intrieri et al. (1972) não encontraram diferença para o teor de resíduo mineral fixo entre bubalinos inteiros e castrados (1,14 versus 1,03%). Mattos et al. (1997), ao avaliarem a carne de bubalinos Mediterrâneo e Jafarabadi, não notaram diferença para o teor de minerais pela obtenção do resíduo mineral fixo (1,1% para todos os grupos), do mesmo modo que Paleari et al. (2000) não observaram diferença para o teor de minerais da carne de bubalinas e de vacas adultas (5,53 *versus* 5,35%). Em oposição Mattos et al. (1997) e Paleari et al. (2000) encontraram valores inferiores para o teor de resíduo mineral fixo da carne bubalina, ao comparar a carne bubalina e bovina.

Fontes (1995) observou que a elevação do peso corporal dos animais acarretou redução nas concentrações de substância mineral no corpo vazio e no peso ganho. Além de salientar a redução acentuada que ocorre na proporção dos ossos na carcaça com a elevação do PCVZ, na faixa de 200 a 450 kg.

1.5 PESO NA MATUTIDADE

O conhecimento do peso à maturidade faz-se importante, pois a maioria dos programas de avaliação de dietas considera a maturidade para ajustar as necessidades de nutrientes dos animais (CSIRO et al., 2007; NRC, 2000). Além disso, um bom entendimento das exigências nutricionais dos animais permite auxiliar o manejo correto e alterar a taxa de ganho de peso e consequentemente a curva de crescimento de acordo com a idade dos animais (MARCONDES et al., 2016).

O primeiro passo para determinação das exigências nutricionais de bovinos consiste em mensurar a composição corporal dos animais. Os métodos utilizados para predição da composição corporal e/ou da carcaça podem ser classificados em direto ou indiretos. Os métodos indiretos envolvem a predição de composição, tanto do corpo, quanto da carcaça dos

animais, a partir de parâmetros mais facilmente obtidos. Os métodos diretos consistem na separação e dissecação de todas as partes do corpo dos animais, e subsequente determinação dos constituintes físicos e químicos (MARCONDES et al., 2010).

Assim sendo, compreender as curvas de crescimento pode auxiliar na estimativa do peso à maturidade e tornar o manejo (TRENKLE e MARPLE, 1983) alimentar dos bubalinos mais efetivo.

A proporção dos tecidos muda durante a vida dos animais e pode ser influenciada pelo grupo genético, pelo sexo, nível nutricional e por fatores ambientais, de forma que a união desses fatores age sobre os mecanismos de crescimento e determina a composição da carcaça, assim como, sobre a idade e o peso em que ocorre a aceleração ou desaceleração do crescimento de cada tecido (BERG e BUTTERFIELD, 1976). O crescimento dos tecidos não acontece de maneira uniforme, logo, no início há uma ascendência na deposição muscular e à medida que o animal atinge a maturidade há um predomínio no desenvolvimento de tecido adiposo, com elevação da gordura na carcaça (OWENS et al., 1993), por sua vez, a proporção de ossos decresce continuamente. Desse modo, conhecer as proporções dos tecidos na carcaça é de interesse na comparação entre grupos genéticos.

Tedeschi et al., (2002) constataram o peso de corpo vazio de 456 kg como sendo peso à maturidade padrão para bovinos Nelore com 22% de extrato etéreo no corpo vazio. Em concordância, Costa e Silva et al. (2013) usando o mesmo método, sugeriram que bovinos Nelore atingem a maturidade aos 456 kg de peso de corpo vazio. Paulino et al. (2009) ao utilizar a base de dados para bovinos Nelore para alterar os parâmetros do método sugerido por Williams; Jenkins, (2003) concluíram que este grupo genético atingiria a maturidade com 482 kg e 25% de extrato etéreo, o que corresponde a 9 mm de espessura de gordura subcutânea. Marcondes et al. (2016) verificaram que independentemente do método utilizado, o peso a maturidade deve estar entre 426 e 445 kg e a média desses dois pesos (437 kg) é sugerida como

o peso de corpo vazio para bovinos Nelore na maturidade. Adicionalmente, Marcondes et al. (2016) ao testar 445 kg PCVZ o peso à maturidade mais elevado, em diferentes equações, demonstrou que novilhas e novilhos deveriam atingir a maturidade com 24,2% e 37,7% de extrato etéreo, respectivamente. Dessa forma, fixar um valor para o percentual de extrato etéreo pode não ser a melhor forma de prever a maturidade. Além disso, a proporção de extrato etéreo é extremamente influenciada pelo nível de energia da dieta (GUENTHER et al. 1965; HENRICKSON et al. 1965; ALBIN et al. 1967; COLEMAN et al. 1993) de modo que pode não representar a maturidade, uma vez que é altamente variável.

Em razão disso, Fortin et al. (1980) observaram um acréscimo na deposição de gordura em animais não maduros, peso médio de 280 kg, ao fornecer dietas com alta energia comparadas às de baixa energia, provando que a porcentagem de extrato etéreo é fortemente influenciada pela dieta e independente da fase de crescimento. Old e Garrett (1985) relataram para um mesmo consumo de energia metabolizável, maiores acúmulos de proteína em animais de maturidade tardia (Charolês) em relação aos precoce (Hereford).

Atualmente, na pecuária de corte, deseja-se animais que convertam com a maior eficiência possível a energia alimentar consumida para a produção de músculos, obtendo como resultado carcaças com alta proporção de carne comercializável. Dessa forma, uma carcaça de qualidade e com bom rendimento deve ter uma relação adequada entre seus componentes, isto é, possuir o máximo de músculos, o mínimo de ossos, com uma quantidade adequada de gordura, que varia de mercado para mercado, para assegurar ao produto condições mínimas de manuseio e palatabilidade (LUCHIARI FILHO, 2000).

Na literatura, são propostos vários modelos não-lineares para descrever curvas de crescimento e dentre estes, os mais citados, segundo Fitzhugh (1976), são: Brody, von Bertalanffy, Logístico e Gompertz. Ao utilizar modelos não lineares para descrever curvas de crescimento Tedeschi et al. (2000) expuseram que, os parâmetros com interpretação biológica

são representados principalmente pelo peso assintótico superior, que representa o peso à maturidade, e pela taxa de maturidade, que é um indicador de velocidade de crescimento. Os demais parâmetros são considerados constantes matemáticas que auxiliam na determinação da forma da curva.

A comparação do ajuste desses modelos a um determinado conjunto de dados é comumente realizada através das estimativas do quadrado médio do erro e do coeficiente de determinação ajustado para o número de parâmetros, contudo pode-se utilizar outras bases, como o erro de predição médio e porcentagem de convergência (OLIVEIRA; LÔBO; PEREIRA, 2000). Ademais, é necessário que se busque por métodos menos empíricos para determinação do peso à maturidade, afim de reduzir a discrepância entre as diferentes metodologias de estimativa (MARCONDES et al., 2016) . Taylor (1980) indicou que testar novas variáveis de entrada e de saída em relação à maturidade, ao invés da idade metabólica, poderia ser uma área promissora de pesquisa.

OBJETIVO

Objetivou-se determinar o peso a maturidade por meio da composição química corporal, de bubalinos dos grupos genéticos Jafarabadi, Mediterrâneo e Murrah abatidos em diferentes pesos (420, 480 e 540 kg).

O capítulo 2, intitulado “**Determinação do peso na maturidade de bubalinos de três grupos genéticos utilizando composição química corporal**” foi redigido de acordo com as normas para publicação no periódico *Journal of Animal Science*.

Bibliografia citada

- ALBIN, Robert C. et al. Growth and fattening of the bovine. III. Effect of energy intake upon carcass composition. **Journal of Animal Science**, v. 26, p. 209, 1967.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CRIADORES DE BÚFALOS – ABCB. As quatro raças no Brasil. Disponível em: <<http://www.bufalo.com.br/home/o-bufalo/>>. Acesso em: 17 jun. 2019.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS EXPORTADORAS DE CARNE - ABIEC. Perfil da Pecuária no Brasil. São Paulo, 2019. Disponível em: <<http://www.abiec.com.br/control/uploads/arquivos/sumario2019portugues.pdf>>. Acesso em: 16 jun. 2019.
- AGRICULTURAL AND FOOD RESEARCH COUNCIL - AFRC. Technical committee on responses to nutrients, Report 6. A reappraisal of the calcium and phosphorous requirements of sheep and cattle. **Nut. Abs. Rev.**, v. 61, n. 9. p. 576-612, 1991.
- AGRICULTURAL RESEARCH COUNCIL - ARC. **The nutrients requirements of ruminant livestock**. London: Commonwealth Agricultural Bureaux. 1980. 351p.
- ASSUMPCÃO, J.C. *Bufalando sério*. São Paulo: Liv Agropecuária, 1996.
- ANDRIGHETTO, C. et al. Características físico-químicas e sensoriais da carne de bubalinos Murrah abatidos em diferentes períodos de confinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, n. 12, p. 2179–2184, 2008.
- BAREA, R., et al. Energy utilization in pigs selected for high and low residual feed intake **Journal of Animal Science**, v. 88, p. 2062-2072, 2010.
- BARROS, G. C.; VIANNI, M. C. E. **Tecnologia aplicada às carnes bovina, suína e de aves, da produção ao consumo**. 1979, p. 116.
- BERG, R. T. et al. Patterns of carcass fat deposition in heifers, steers and bulls. **Canadian Journal of Animal Science**, v. 59, n. 2, p. 359–366, 1979.
- BERG, R. T.; BUTTERFIELD, R. M. Muscle: bone ratio and fat percentage as measures of beef carcass composition. **Animal Production**, v. 8, n. 01, p. 1–11, 1966.
- BERG, R. T.; BUTTERFIELD, R. M. **New concepts of cattle growth**. 1. ed. Sydney: Sydney University Press, 1976.
- BERNARDES, O. Bubalinocultura no Brasil: situação e importância econômica. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**. v. 31, n. 3, p. 293 - 298, 2007.
- BONILHA, S. F. M. et al. Estimativa da composição química do corpo vazio de animais Nelore e Caracu a partir das composições química e física do corte da 9^a-10^a-11^a costelas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, n. 12, p. 2206–2214, 2008.
- BRUNDGART, V. H. Beef cattle science handbook. **Beef cattle science handbook**, v. 1972, 9, p. 189–205, 1972.
- CARSTENS, G.; JOHNSON, D. Physical and chemical components of the empty body during compensatory growth in beef steers. **Journal of Animal Science**, v. 69, n. 8, p. 3251–3264, 1991.

CARVALHO, P. A. et al. Composição corporal e exigências líquidas de macroelementos inorgânicos (Ca, P, Mg e K) para ganho de peso de bezerros machos de origem leiteira do nascimento aos 110 dias de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 32, n. 6, p. 1492–1499, 2003.

CASTILLO ESTRADA, L. H. **Composição corporal e exigências de proteína, energia e macroelementos minerais, características da carcaça e desempenho do Nelore e mestiços em confinamento**. 1996. Tese de doutorado. Universidade Federal de Viçosa.

CATTON, J.S e DHUYVETTER, D.V. Influence of energy supplementation on grazing ruminants: Requirements and responses. **Journal of Animal Science**, v.75, p.533-542, 1997.

COCKRILL, W. R. Water buffalo. In: MASON, I. L. **Evolution of domesticated animals**. London: Longman, 1984. p. 52 - 63.

COLEMAN, S. W.; EVANS, B. C.; GUENTHER, J. J. Body and carcass composition of Angus and Charolais steers as affected by age and nutrition. **Journal of Animal Science**, v. 71, n. 1, p. 86–95, 1993.

CONRAD, Joseph Henry et al. **Minerais para ruminantes em pastejo em regiões tropicais**. Traduzido por EUCLIDES, V.P.B. EMBRAPA-CNPGC, Campo Grande. 1985. 91p.

COSTA E SILVA, L. F. et al. Performance, growth, and maturity of Nelore bulls. **Tropical Animal Health and Production**, v. 45, n. 3, p. 795–803, 2013.

CSIRO et al. **Nutrient requirements of domesticated ruminants**. CSIRO Publishing, 2007.

DEBAKY, H. A., et al. Potential of water buffalo in world agriculture: challenges and opportunities. **Applied Animal Science**. v. 35, p. 255 - 268, 2019.

FAO, FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATION. **Statistics | Food and Agriculture Organization of the United Nations**. Disponível em: <<http://www.fao.org/statistics/en/>>. Acesso em: 28 dez. 2018.

FELÍCIO, P. E. Desdobramento da qualidade da carne bovina. **Higiene Alimentar**, Mirandópolis, v. 12, n. 54, p. 16-22, 1998.

FERRARA, B.; INFASCELLI, F. Buffalo meat production. In: WORLD BUFFALO CONGRESS, 4 1994, São Pulo. Proceedings... São Paulo: FAO/FINEP, 1994. v. 1, p. 122 - 136.

FERRELL, C. L. et al. Influence of Dietary Energy, Protein and Biological Type of Steer upon Rate of Gain and Carcass Characteristics. **Journal of Animal Science**, v. 46, n. 1, p. 255–270, 1978.

FITZHUGH, H. Analysis of growth curves and strategies for altering their shape 1, 2. **Journal of Animal Science**, v. 42, n. 4, p. 1036–1051, 1976.

FONT-I-FURNOLS, M. et al. **A handbook of reference methods for meat quality assessment**. European Cooperation in Science and Technology (COST): Brussels, Belgium, 2015.

FONTES, C. Composição corporal, exigências líquidas de nutrientes para ganho de peso e desempenho produtivo de animais zebuínos e mestiços europeu-zebu. In: Simpósio Internacional sobre exigências Nutricionais de Ruminantes. Viçosa. **Anais...**Viçosa: 1995.

FORTALEZA, A. P. S. **Tópicos importantes em bovinocultura de corte**. Simplíssimo: Porto Alegre, 2015. 65 p.

FORTIN, A. et al. Effect of Level of Energy Intake and Influence of Breed and Sex on the Chemical Composition of Cattle. **Journal of Animal Science**, v. 51, n. 3, p. 604–614, 1980.

FORMIGONI, I. Os dados do mercado de trabalho no agro no 1º trimestre de 2019 mostra estagnação frente ao mesmo período de 2018. São Paulo, 2019. Disponível em: <<http://www.farmnews.com.br/gestao/mercado-de-trabalho-no-agro/>>.

FRANCISCO, Wagner de Cerqueira e. **O crescimento populacional no mundo**; Brasil Escola. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/geografia/o-crescimento-populacional-no-mundo.htm>. Acesso em 13 de junho de 2019.

GALVAO, J. G. et al. Ganho de peso, consumo e conversão alimentar em bovinos não castrados, de três grupos raciais, abatidos em diferentes estágios de maturidade (estudo 1). **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v. 20, n. 5, p. 494-501, 1991.

GIONBELLI, M. P.; VALADARES FILHO, S. DE C.; DETMANN, E. Ajuste do peso corporal de bovinos para condições fisiológicas e de alimentação. In: **Exigências nutricionais de zebuínos puros e cruzados BR-CORTE**. Viçosa:UFV/DZO, 2006. p. 1–14.

GUENTHER, J. et al. Growth and development of the major carcass tissues in beef calves from weaning to slaughter weight, with reference to the effect of plane of nutrition. **Journal of Animal Science**, v. 24, n. 4, p. 1184–1191, 1965.

GUIMARÃES, J. L.; ADELL, E. DE A.; FELÍCIO, P. DE. **Estrutura e composição do músculo e tecidos associados**. Campinas. Disponível em: <<https://www.fea.unicamp.br/sites/fea/files/dta/laboratorios/PPCD/estrut.pdf>>. Acesso em: 31 dez. 2018.

HENDRICKSON, R. L.; POPE, L.; HENDRICKSON, R. F. Effect of Rate of Gain of Fattening Beef Calves on Carcass Composition. **Journal of Animal Science**, v. 24, n. 2, p. 507–513, 1965.

INTRIERI, F. et al. Acta medica veterinaria. **Acta medica veterinaria**, p. 77–87, 1972.

JESSE, G. W. et al. Effects of Ration Energy and Slaughter Weight on Composition of Empty Body and Carcass Gain of Beef Cattle. **Journal of Animal Science**, v. 43, n. 2, p. 418–425, 1976.

JORGE, A. M. et al. Rendimento da carcaça e cortes básicos de bovinos e bubalinos, abatidos em diferentes estádios de maturidade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 26, n. 5, p. 1048–1054, 1997.

JORGE, A. M.; FONTES, C. A. A.; PAULINO, M. F. Composição corporal de bovinos de quatro raças zebuínas, abatidos em diferentes estádios de maturidade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 28, n. 2, p. 388–394, 1999.

JORGE, A. M.; FONTES, C. A. A.; CERVIERI, R. C. Crescimento Relativo e Composição do Ganho de Tecidos da Carcaça de Zebuínos de Quatro Raças. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 32, n. 4, p. 986–991, 2003.

JORGE, A. M. et al. Características quantitativas da carcaça de bubalinos de três grupos genéticos terminados em confinamento e abatidos em diferentes estádios de maturidade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, n. 6 suppl, p. 2376–2381, 2005.

JORGE, André Mendes. Produção de carne bubalina. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, v. 29, n. 2, p. 84-95, 2005.

KEANE, M. G. et al. Carcass composition of serially slaughtered Friesian, Hereford × Friesian and Charolais × Friesian steers finished on two dietary energy levels. **Animal Production**, v. 50, n. 02, p. 231–243, 1990.

KINCAID, R. L. Assessment of trace mineral status of ruminants: A review. **Journal of Animal Science**, v. 77, n. E-Suppl, p. 1-10, 2000.

KNOTT, S. A., et al. Rams with poor feed efficiency are highly responsive to an exogenous adrenocorticotropin hormone (ACTH) challenge **Domestic Animal Endocrinology**, v. 34, p. 261-268, 2008.

KNOTT, S. A., et al. Feed efficiency and body composition are related to cortisol response to adrenocorticotropin hormone and insulin-induced hypoglycemia in rams. **Domestic Animal Endocrinology**, v. 39, p. 137-146, 2010.

LAWRENCE, T. L. J. FOWLER, V. R. NOVAKOFSKI, J. E. **Growth of farm animals**. 3. ed. Tarxien, Malta: CABI, 2012. 351p.

LOURENÇO JÚNIOR, J. B. GARCIA, A. R. Panorama da bubalinocultura na Amazônia. In: Embrapa Amazônia Oriental (ALICE). In: ENCONTRO INTERNACIONAL DA PECUÁRIA DA AMAZÔNIA, 1., 2008, Belém, PA. Meio ambiente e pecuária:[anais]. Belém, PA: FAEPA; Instituto Frutal; SEBRAE-PA, 2008., 2008.

LUCHIARI FILHO, A. **Pecuária da carne bovina**. 1. ed. São Paulo: R Vieira, 2000. 134p.

LUITING, P., URFF, E.M., VERSTEGEN, M.W.A. Between-animal variation in biological efficiency as related to residual feed intake Neth. **NJAS Wageningen Journal of Life Sciences**., v. 42, p. 59-67, 1994.

MATTOS, J. C. A.; NOGUEIRA, J. R.; OLIVEIRA, A. A. D.; ARIMA, H. K.; GAZZETTA, M. C. R. R. Comparison on carcass, meat cuts and some meat quality characteristics of buffaloes and of zebu. In: WORLD BUFFALO CONGRESS, 5., 1997, Caserta. Proceedings... Caserta: [s.n.], 1997. p. 442-446.

MARCONDES, M. I.; TEDESCHI, O. L.; VALADARES FILHO, S. C. et al. Prediction of physical and chemical body compositions of purebred and crossbred Nellore cattle using the composition of a rib section1. **Journal of Animal Science**, v. 90, n. 4, p. 1280-1290, 2012.

MARCONDES, M. I. et al. Using growth and body composition to determine weight at maturity in Nellore cattle. **Animal Production Science**, v. 56, n. 7, p. 1121, 2016.

- MARCONDES, M.; PAULINO, P.; VALADARES FILHO, S. DE C. Predição da composição química corporal e da carcaça de animais Nelore puros e cruzados. In: VALADARES FILHO, S. DE C. (Ed.). **Exigências nutricionais de zebuínos puros e cruzados: BR-CORTE**, v.2 p. 65-84, 2010.
- MCDONALD, P.; EDWARDS, R.A.; GREENHALGH, J.F.D. et al. *Animal nutrition*. 5.ed. Singapore: Longman, 1995. 607p.
- MENEZES, L. F. G. et al. Órgãos internos e trato gastrintestinal de novilhos de gerações avançadas do cruzamento rotativo entre as raças Charolês e Nelore terminados em confinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, n. 1, p. 120–129, 2007.
- MOULTON, C. R. Age and chemical development in mammals. **Journal Biological Chemistry** 57:79, 1923.
- NKRUMAH, J.D., et al. Relationships of feedlot feed efficiency, performance, and feeding behavior with metabolic rate, methane production, and energy partitioning in beef cattle. **Journal of Animal Science**, v. 84, p. 145-153, 2006.
- NOUR, A. et al. Muscle, fat and bone in serially slaughtered large dairy or small beef cattle fed corn or corn silage diets in one of two locations. **Journal of Animal Science**, v. 52, p. 512–521, 1981.
- NOUR, A. Y. M.; THONNEY, M. L. Carcass, soft tissue and bone composition of early and late maturing steers fed two diets in two housing types and serially slaughtered over a wide weight range. **The Journal of Agricultural Science**, v. 109, n. 02, p. 345, 1987.
- NOUR, A.; THONNEY, M. Chemical composition of Angus and Holstein carcasses predicted from rib section composition. **Journal of Animal Science**, v. 72, n. 5, p. 1239–1241, 1994.
- NRC. **Nutrient Requirements of Cattle**. Washington, D.C: National Academy Press, 1984.
- NRC. **Nutrient Requirements of Beef Cattle**. 7. ed. Washington, D.C.: National Academy Press, 2000.
- OLD, C.; GARRETT, W. Efficiency of feed energy utilization for protein and fat gain in Hereford and Charolais steers. **Journal of Animal Science**, v. 60, n. 3, p. 766-771, 1985.
- OLIVEIRA, H. N. DE; LÔBO, R. B.; PEREIRA, C. S. Comparação de modelos não-lineares para descrever o crescimento de fêmeas da raça Guzerá. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n. 9, p. 1843-1851, 2000.
- OWENS, F. N.; DUBESKI, P.; HANSON, C. F. Factors that alter the growth and development of ruminants. **Journal of Animal Science**, v. 71, n. 11, p. 3138–3150, 1993.
- OWENS, F. N. et al. Review of some aspects of growth and development of feedlot cattle. **Journal of Animal Science**, v. 73, p. 3152, 1995.
- PALEARI, M. A. et al. Buffalo meat as a salted and cured product. **Meat Science**, v. 54, n. 4, p. 365-367, 2000.
- PAULINO, M. F. et al. Composição Corporal e Exigências de Macroelementos Minerais (Ca, P, Mg, Na e K) de Bovinos Não-Castrados de Quatro Raças Zebuínas. **Revista Brasileira de zootecnia**, v. 28, n. 3, p. 634-641, 1999.

PAULINO, P. et al. **Beef cattle nutrient requirements: Research techniques and Brazilian results.** (F. R. Eds Lana e Prada Silva, Ed.) Pirassununga, SP: Proceedings of the 2nd international symposium on research techniques in ruminant nutrition, 2009.

PRIOR, R. et al. Influence of Dietary Energy and Protein on Growth and Carcass Composition in Different Biological Types of Cattle 1, 2. **Journal of Animal Science**, v. 45, p. 132-146, 1977.

RAO, V. A. et al. Optimum Age of Slaughter of Non-Descript Buffalo: Carcass and Yield Characteristics. **Journal of Agricultural Science**, v. 42, n. 3, p. 133-138, 2009.

RICHARDSON, E.C., et al. Body composition and implications for heat production of Angus steers progeny of parents selected for and against residual feed intake **Australian Journal Experimental of Agriculture**, v. 41, p. 1065-1072, 2001.

ROBELIN, J.; GEAY, Y. Body composition of cattle as affected by physiological status, breed, sex and diet. **Herbivore nutrition in the subtropics and tropics / edited by F.M.C. Gilchrist and R.I. Mackie**, 1984.

RODRIGUES, V. C.; ANDRADE, I. F. Características Físico-Químicas da Carne de Bubalinos e de Bovinos Castrados e Inteiros. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, n. 6, p. 1839-1849, 2004.

SAATH, K.C.O.; FACHINELLO, A. L. Crescimento da demanda mundial de alimentos e restrições do fator terra no Barsil. **Revista de Economia e Sociologia**. v. 56, n. 2, p.195-212, 2018.

SANTOS, C. L. R. et al. Nível tecnológico e organizacional da cadeia produtiva da bubalinocultura de corte no estado do Maranhão. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 83, p. 1-8, 2016.

SILVA, S. L; NARDI JÚNIOR, G. Produção de derivados bubalinos e mercado consumidor. **Tekhne e Logos**, v. 5, n. 1, p. 15-30, 2014.

TAYLOR, C. S. Live-weight growth from embryo to adult in domesticated mammals. **Animal Production**, v. 31, n. 03, p. 223–235, 2 dez. 1980.

TEDESCHI, L. O. et al. Estudo da Curva de Crescimento de Animais da Raça Guzerá e seus Cruzamentos Alimentados a Pasto, com e sem Suplementação. Análise e Seleção das Funções Não-Lineares. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, n. 2, p. 630–637, 2000.

TEDESCHI, L. et al. Energy requirement for maintenance and growth of Nellore bulls and steers fed high-forage diets. **Journal of Animal Science**, v. 80, n. 6, p. 1671-1682, 2002.

TRENKLE, A.; MARPLE, D. N. Growth and Development of Meat Animals. **Journal of Animal Science**, v. 57, n. suppl_2, p. 273-283, 1983.

UNDERWOOD, Eric. John. **The mineral nutrition of livestock**. CABI Pub, 1999. 565p.

VELOSO, C. M. et al. Composição Corporal e Exigências Energéticas e Protéicas de Bovinos F1 Limousin x Nelore, Não-Castrados, Alimentados com Rações Contendo Diferentes Níveis de Concentrado. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, n. 3, p. 1273-1285, 2002.

WARRISS, P. D. The growth and body composition of animals. In: WARRISS, P. D. **Meat science: An introductory text**. 2 ed. Pondicherry: Cambridge press, 2010. p. 9 - 25.

WILLIAMS, C. B.; JENKINS, T. G. A dynamic model of metabolizable energy utilization in growing and mature cattle. I. Metabolizable energy utilization for maintenance and support metabolism. **Journal of Animal Science**, v. 81, n. 6, p. 1371-1381, 2003.

WILLIAMS, J. E. et al. Effect of Production Systems on Performance, Body Composition and Lipid and Mineral Profiles of Soft Tissue in Cattle. **Journal of Animal Science**, v. 57, n. 4, p. 1020-1028, 1983.

ZAVA, Marco. **El búfalo doméstico**. OGE-Inta: Corrientes - Argentina, 2011. 900p.

ZAKHARIEV, Z. et al. Comparative fattening of male Holstein-Friesian, Black-Pied Friesian, Brown Bulgarian and native [Bulgarian] grey calves [slaughter indices and meat composition]. **Animal Science**, 1982.

ZEIDAN, M.; SEDIK, M. F.; ROUSHDY, S. A. (CAIRO U. (EGYPT)). F. OF V. M. Some studies on carcass yield of slaughtered buffaloes in Cairo abattoir [Egypt]. **Arabian and Bactrian**, v. 47, p. 2181, 1978.

CAPÍTULO II

O artigo a seguir está redigido de acordo com as exigências para publicação no periódico *Journal of Animal Science*, excetuando-se o idioma.

Determinação do peso à maturidade de bubalinos de três grupos genéticos utilizando composição química corporal¹

¹Agradecimento à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP (processo 2014/05473-7, Auxílio Pesquisa) e a Coordenadoria de Aperfeiçoamento de pessoal de Nível Superior. - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001 pelo Auxílio Financeiro.

RESUMO

Os bubalinos se destacam entre as espécies de interesse zootécnico, dentre outros motivos, por constituir uma importante fonte de proteína de alto valor biológico. Para a criação desses animais, faz-se necessário o fornecimento de dietas baseadas nas suas exigências nutricionais. Entretanto, tais exigências ainda não foram definidas em condições tropicais para essa espécie, sendo necessário a determinação da composição química corporal e do peso a maturidade para a definição do requerimento nutricional desses animais. Sendo assim, objetivou-se com este estudo definir o peso na maturidade para bubalinos. Determinou-se a composição química corporal (CQC), o peso de corpo vazio (PCVz) de 153 bubalinos machos não castrados Jafarabadi, Mediterrâneo e Murrah com peso e idade inicial médios de 314 ± 117 kg e 390 ± 32 dias, provenientes de dois anos consecutivos e abatidos em diferentes estádios de maturidade fisiológica (420, 480 e 540 kg). Quanto ao peso a maturidade a variável grupo genético foi significativa no modelo. Sendo assim o peso a maturidade do grupo genético Jafarabadi, Mediterrâneo e Murrah foi de 505,93; 494,40 e 423,79 kg de PCVZ, respectivamente.

Palavras chave: *Bubalus bubalis*, confinamento, Jafarabadi, Mediterrâneo, Murrah

ABSTRACT

The buffalo stand out among the species of zootechnical interest, among other reasons, for being an important source of protein of high biological value. For the breeding of these animals, it is necessary to provide diets based on their nutritional requirements. However, such requirements have not yet been defined under tropical conditions for this species, being necessary to determine the body chemical composition and weight at maturity to define the nutritional requirement of these animals. Thus, this study aimed to define the weight at maturity for buffalo. The body chemical composition (CQC), the empty body weight (PCVz) of 153 uncastrated male Jafarabadi, Mediterranean and Murrah buffaloes with an average weight and initial age of 314 ± 117 kg and 390 ± 32 days from two years old were determined. consecutive and slaughtered at different stages of physiological maturity (420, 480 and 540 kg). As for weight at maturity, the genetic group variable was significant in the model. Thus, the weight and maturity of the Jafarabadi, Mediterranean and Murrah genetic group was 505.93; 494.40 and 423.79 kg of PCVZ, respectively

Key words: *Bubalus bubalis*, feedlot, Jafarabadi, Mediterranean, Murrah

INTRODUÇÃO

É incessante a busca por alternativas que aumentem a produtividade e reduzam os custos de produção. Nesse aspecto, os sistemas de produção animal vêm sendo amplamente estudados.

Dentre as espécies de interesse zootécnico os bubalinos constituem uma importante fonte de alimento para a crescente população humana global (Debaky et al., 2019), podem expressar um ganho de peso de 1,5 kg por dia, se em condições de manejo e alimentação adequadas (Jorge et al., 1999), possuem maior capacidade de depositar proteínas no tecido muscular, aprimorando a qualidade da carne, mantendo o nível de gordura dentro do mínimo necessário e, além disso, apresentam boa adaptabilidade aos trópicos (Jorge et al., 1997).

Contudo, para a criação racional desses animais, faz-se necessário o fornecimento de dietas baseadas nas exigências nutricionais. Entretanto, tais exigências ainda não foram elucidadas, sendo necessário a determinação da composição química corporal e do peso a maturidade para a definição do requerimento nutricional desses animais em condições tropicais.

Dentro desse contexto, há necessidade da busca por conhecimentos básicos relacionados à nutrição de bubalinos, à fim de garantir um desempenho animal eficiente. Chalmers (1974) enfatizou a grande importância de se desenvolver estudos mais detalhados da fisiologia nutricional do bubalino. Porém, a espécie bubalina é uma das mais carentes na adoção de valores médios de requerimentos nutritivos para os diferentes tipos de produção. Assim, dados obtidos com bovinos têm sido extrapolados para bubalinos, resultando em considerável ineficiência alimentar.

À vista disso, objetivou-se com este estudo definir o peso na maturidade de bubalinos dos grupos genéticos Jafarabadi, Mediterrâneo e Murrah terminados em confinamento.

MATERIAL E MÉTODOS

Os procedimentos com os animais foram conduzidos de acordo com os princípios éticos na experimentação animal determinados pela Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA) da Universidade Estadual Paulista - (UNESP), Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia (FMVZ) – Campus de Botucatu/SP, Brasil, sob o protocolo n° 05/2015.

Local, condições climáticas, animais, instalações e período experimental

O experimento foi desenvolvido no Centro de Pesquisas Tropicais em Bubalinos (CPTB), da Universidade Estadual Paulista (UNESP) - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia (FMVZ), Campus de Botucatu, centro do Estado de São Paulo, com altitude média de 786 metros, o clima segundo Köppen, é classificado como subtropical úmido, com temperatura e pluviosidade médias de 22,5°C e 1.735 mm.

A fase de recria e terminação em confinamento dos animais, avaliada no presente estudo, foi realizada em dois anos (2016 e 2017). Cabe ressaltar que o material e métodos utilizados nos dois anos foram idênticos, excetuando-se o número de animais.

Foram utilizados 153 bubalinos machos não castrados, de três grupos genéticos (Jafarabadi, Mediterrâneo e Murrah), com peso e idade inicial médios de 314 ± 117 kg e 390 ± 32 dias, provenientes de dois anos consecutivos de experimento. Os animais foram terminados em confinamento e alojados em baias coletivas de acordo com o grupo genético. As baias eram providas de 4 cochos eletrônicos e 1 bebedouro-balança/baia com sistema Intergado® (Contagem, Minas Gerais, Brasil), ambos cobertos, e

dispunham de sombreamento artificial (2,40 m²/animal) no sentido transversal ao comprimento da baia.

O período de adaptação dos animais teve duração de 28 dias, com fornecimento de dieta *ad libitum*. Após o período de adaptação foram abatidos, de forma aleatória, quatro animais provenientes de cada grupo genético, denominados de “linha base”, com a finalidade de determinar a composição química corporal e os pesos de corpo vazio iniciais (PCVZ).

Os animais remanescentes foram divididos aleatoriamente em dois regimes alimentares: Terminação – 15 e 28 animais de cada grupo genético, nos anos I e II, respectivamente, sendo que estes animais receberam dieta *ad libitum*; e, Manutenção - 6 animais de cada grupo genético, nos anos I e II; estes animais receberam dieta para suprir as exigências de manutenção e apresentar ganho de peso restrito ou nulo. Cada regime alimentar é composto pelos 3 grupos genéticos que foram separados em baias coletivas de acordo com a dieta a ser fornecida.

Os animais em terminação que receberam dieta *ad libitum* foram abatidos dentro de cada grupo genético em diferentes estádios de maturidade fisiológica: 420, 480 e 540 kg de peso vivo. Para cada grupo genético, à medida que um animal atingia o peso de abate, o animal do grupo manutenção mais semelhante a ele quanto ao peso e à condição corporal, no início do período experimental, também era abatido.

Dieta e manejo alimentar

A dieta (Tabela 1) foi formulada para atender as exigências de energia e proteína e ajustada no nível 2 do NRC (2000). No ano I, os animais foram alimentados duas vezes ao dia, às 8h e as 15h30, sendo 40% do total fornecido no período da manhã e 60% no período da tarde e no ano II três vezes ao dia, as 6h, 11h e as 18h, sendo fornecido 20; 25 e 55%, respectivamente, com acesso *ad libitum* a ração e a água.

Tabela 1. Composição percentual dos ingredientes e nutrientes da dieta

	% Matéria seca
Silagem de milho	30,08
Milho grão moído	53,19
Farelo de algodão	12,99
Ureia	0,76
Calcário calcítico	0,75
Suplemento mineral ¹	2,24
Nutrientes ²	
Matéria seca %	55,00
Proteína bruta	14,70
Energia metabolizável Mcal/kg	2,72
Fibra em detergente neutro	29,10
Carboidratos não fibrosos	49,00
Extrato etéreo	3,30
Cálcio	0,66
Fósforo	0,45

¹Composição do suplemento mineral (kg do produto) 180g Ca, 80g P, 5g Mg, 17g S, 140g Na 215g Cl, 12mg Se, 650mg Cu, 826mg Fe, 2400mg Zn, 1500mg I, 80mg Co, 900mg Fl, 440 mg monensina.

² Valores calculados pelo NRC, 2000.

Diariamente era pesado o alimento não consumido e coletadas amostras para análise, assim como da dieta fornecida para posterior análise bromatológica. A ingestão diária foi ajustada para permitir sobras entre 5 e 10% da quantidade inicial ofertada.

Manejo dos animais, abate e colheita de amostras

As pesagens foram realizadas em balança eletrônica digital marca AÇORES®, SP 25000/AP, com precisão de um quilo, os animais foram submetidos a jejum de sólidos por 16 horas.

Após o período de adaptação, quatro animais representativos de cada grupo genético, foram abatidos a fim de servirem como referência da composição química corporal inicial e peso de corpo vazio. O abate dos animais foi humanitário em frigorífico comercial, localizado a 96 km do centro de pesquisas, obedecendo ao fluxo operacional do estabelecimento, bem como às boas práticas de fabricação (RIISPOA,

2000). Antes do abate, foi adotado jejum de sólidos por aproximadamente 16 horas com livre acesso à água.

Após a insensibilização do animal o sangue foi coletado por meio de secção da veia jugular, seguido de esfolia, evisceração e separação simétrica das duas metades da carcaça. Foram coletados e pesados de cada animal o sangue, patas, cabeça, pele, cauda, trato gastrintestinal (rúmen, retículo, omaso, abomaso e intestinos), fígado, rins, gordura interna (renal, pélvica e inguinal) e demais órgãos internos (língua, esôfago, traqueia, pulmões, coração, baço pâncreas e aparelho reprodutor). Todo material coletado foi identificado, acondicionado em sacos plásticos e congelado a -18 °C. O trato gastrintestinal (TGI) de cada animal foi pesado cheio, esvaziado, lavado e pesado após escorrer a água de lavagem, este peso foi somado aos demais órgãos e outras partes do corpo para determinar o peso do corpo vazio (PCVZ) (Garrett e Hinman, 1969; Lofgreen et al., 1962).

Determinação da composição química do corpo vazio

Para análise da composição química as amostras congeladas foram reduzidas a pedaços menores, moídas quatro vezes e amostradas em triplicata (aproximadamente 300 g). A composição química corporal dos animais foi realizada pela técnica de determinação direta.

Os componentes para análise foram divididos em: sangue; pele; órgãos e gordura interna; fígado; carcaça (carne, osso e gordura). A pele e a cabeça foram cortadas ao meio e apenas o lado direito foi utilizado para o processamento. Todo o material congelado foi reduzido a pedaços menores utilizando serra do tipo fita. Em seguida o material serrado foi moído três vezes em moedor de grande porte com peneira 10 mm (Hermann P-52, Frigmann Hermann®, Itupeva, SP). Na última moagem, amostras representativas do material homogeneizado foram coletadas, identificadas e

armazenadas a vácuo em sacos plásticos e acondicionadas em câmara fria a -18°C para posterior análise.

A determinação da composição química corporal foi realizada pelo método clássico (umidade – método 39.1.02, proteína - método 4.2.11 (2001), extrato etéreo - método 39.1.05 e matéria mineral - método 39.1.09) segundo A.O.A.C. (2007).

Análise estatística

Os dados foram testados para distribuições normais utilizando o procedimento UNIVARIATE (SAS Inst. Inc., Cary, NC) e o teste de Shapiro-Wilk (W). Os dados supeitos (outliers) foram identificados pelo teste do desvio studentizado extremo (Rosner, 1983). O animal foi considerado a unidade experimental. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com arranjo fatorial 3x3, sendo três grupos genéticos, três estádios de maturidade fisiológica (420, 480 e 540 kg). Regressões não lineares foram utilizadas para prever a composição corporal de água, proteína e cinzas. Para o conteúdo do extrato etéreo foi utilizado o modelo exponencial para ajustar os dados. Modelos de coeficientes aleatórios foram utilizados para identificar os efeitos fixo e aleatório utilizando o procedimento NLMIXED do SAS (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA). O grupo genético foi testado como efeito fixo e ano como efeito aleatório. O nível crítico de significância foi assumido como sendo 0,05 para efeitos fixos e 0,10 para efeitos aleatórios. As equações foram desenvolvidas para prever a composição corporal de PB, EE, água e matéria mineral, e os resultados foram expressos como uma percentagem do PCVZ.

Foi determinada a PB corporal com base na matéria seca livre de gordura (PC_{PBMSLG}). A PC_{PBMSLG} foi ajustada utilizando o modelo descrito na equação (1) (Jenkins e Leymaster, 1993), como segue:

$$PC_{PBMSLG} = a \times (1 - b \times e^{-c \times PCVZ})$$

na qual, a, b e c são os parâmetros da equação e “e” é o número exponencial. A maturidade foi definida como o menor limite do intervalo de confiança (95%) do parâmetro “a”, o qual representa o ponto onde o conteúdo de proteína bruta no corpo torna-se constante. O peso no ponto a maturidade foi estimado quando o acréscimo não significativo de PB com base na MSLG não foi mais observado, de acordo com Marcondes et al. (2016).

Resultados

Na tabela 2 está apresentada a estatística descritiva das variáveis utilizadas para desenvolver as equações de peso a maturidade. E a figura 1 mostra a quantidade de água, EE, PB e MM em relação ao PCVZ em kg, enquanto na figura 2 os valores são expressos em percentagem.

Tabela 2. Estatística descritiva das variáveis utilizadas nos conjuntos de dados para desenvolver as equações.

Variáveis	Média	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo
Peso final, kg	503,1	83,9	328,0	728,5
Peso do corpo vazio, kg	4549	76,3	294,8	638,0
Proteína bruta no corpo vazio, kg	85,9	14,9	55,2	125,7
Extrato etéreo no corpo vazio, kg	76,8	18,1	39,6	115,0
Matéria mineral no corpo vazio, kg	23,5	4,4	14,5	40,4
Água no corpo vazio, kg	268,6	44,6	181,9	375,2

Extrato etéreo

O conteúdo de EE absoluto (kg kg^{-1}) apresentou aumento diretamente proporcional ao PCVZ (Figura 1). Para deposição de EE o grupo genético Murrah foi o mais precoce, Jafarabadi o mais tardio e Mediterrâneo intermediário em relação aos demais.

Inicialmente foi observada menor percentagem de EE no grupo Mediterrâneo em relação ao PCVZ.

Água

O aumento no conteúdo absoluto de água foi diretamente proporcional ao aumento do peso corporal (kg kg^{-1}) (Figura 1). No entanto, percentualmente nota-se decréscimo do conteúdo de água inversamente relacionado ao acréscimo de EE no corpo vazio ($\% \text{ kg}^{-1}$) (Figura 2).

Proteína bruta

O conteúdo de proteína bruta (PB) no PCVZ foi ajustado com a equação alométrica sugerida pelo ARC (1980). Na figura 1 observa-se aumento no conteúdo de proteína até atingir o peso a maturidade, e posteriormente se estabiliza. O conteúdo percentual de PB foi inversamente proporcional ao acréscimo PCVZ.

Matéria mineral

O conteúdo de MM no corpo vazio apresentou resultados semelhantes aos da PB, ou seja, leve decréscimo percentual até atingir a maturidade e posteriormente atingiu um platô (Figura 3). Sendo que a maior percentagem foi observada no grupo genético Jafarabadi, seguido de Mediterrâneo e Murrah.

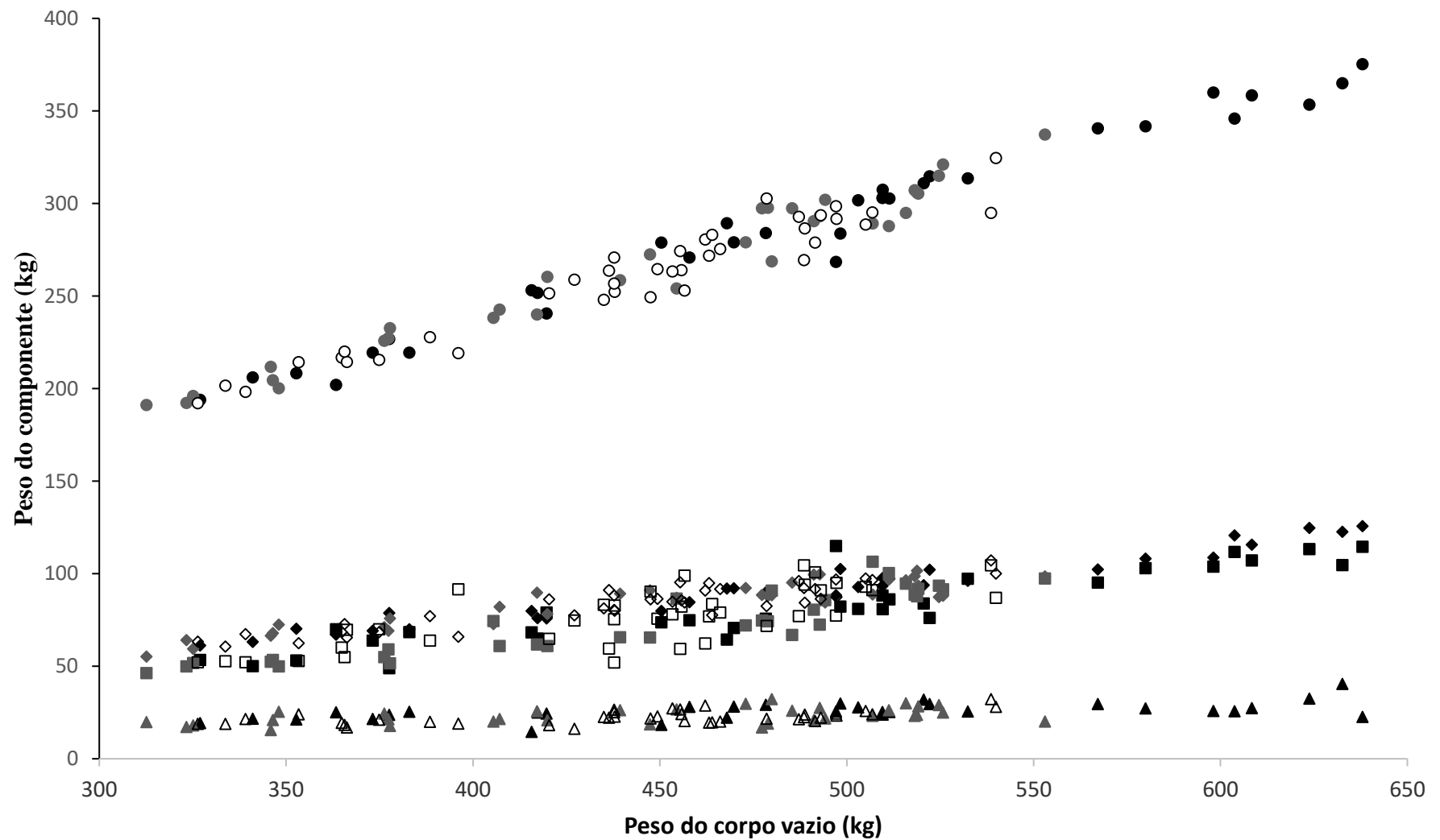
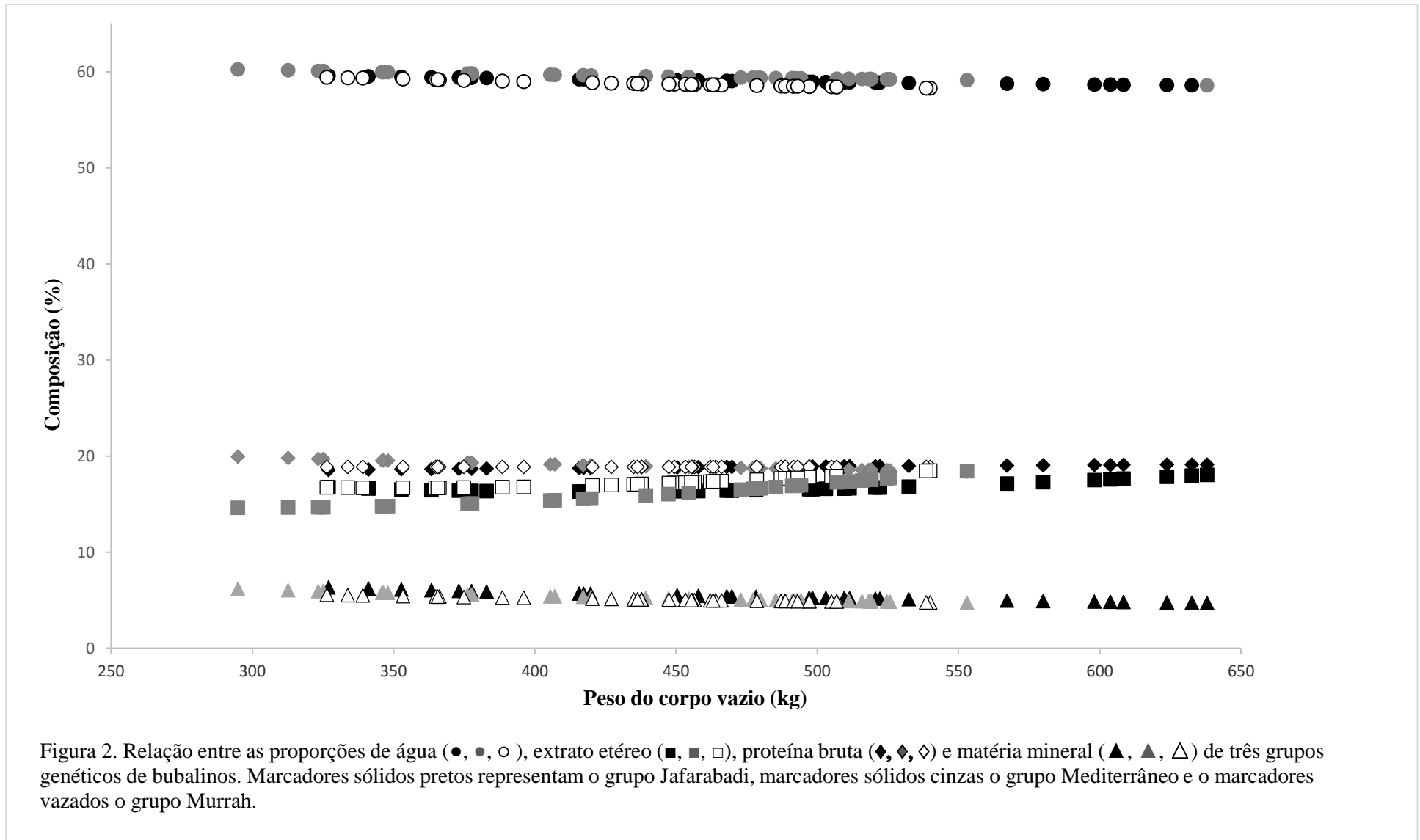


Figura 1. Relação entre o conteúdo de água (●, ●, ○), extrato etéreo (■, ■, □), proteína bruta (◆, ◆, ◇) e matéria mineral (▲, ▲, △) e o corpo vazio de três grupos genéticos de bubalinos. Marcadores sólidos pretos representam o grupo Jafarabadi, marcadores sólidos cinzas o grupo Mediterrâneo e o marcadores vazados o grupo Murrah.



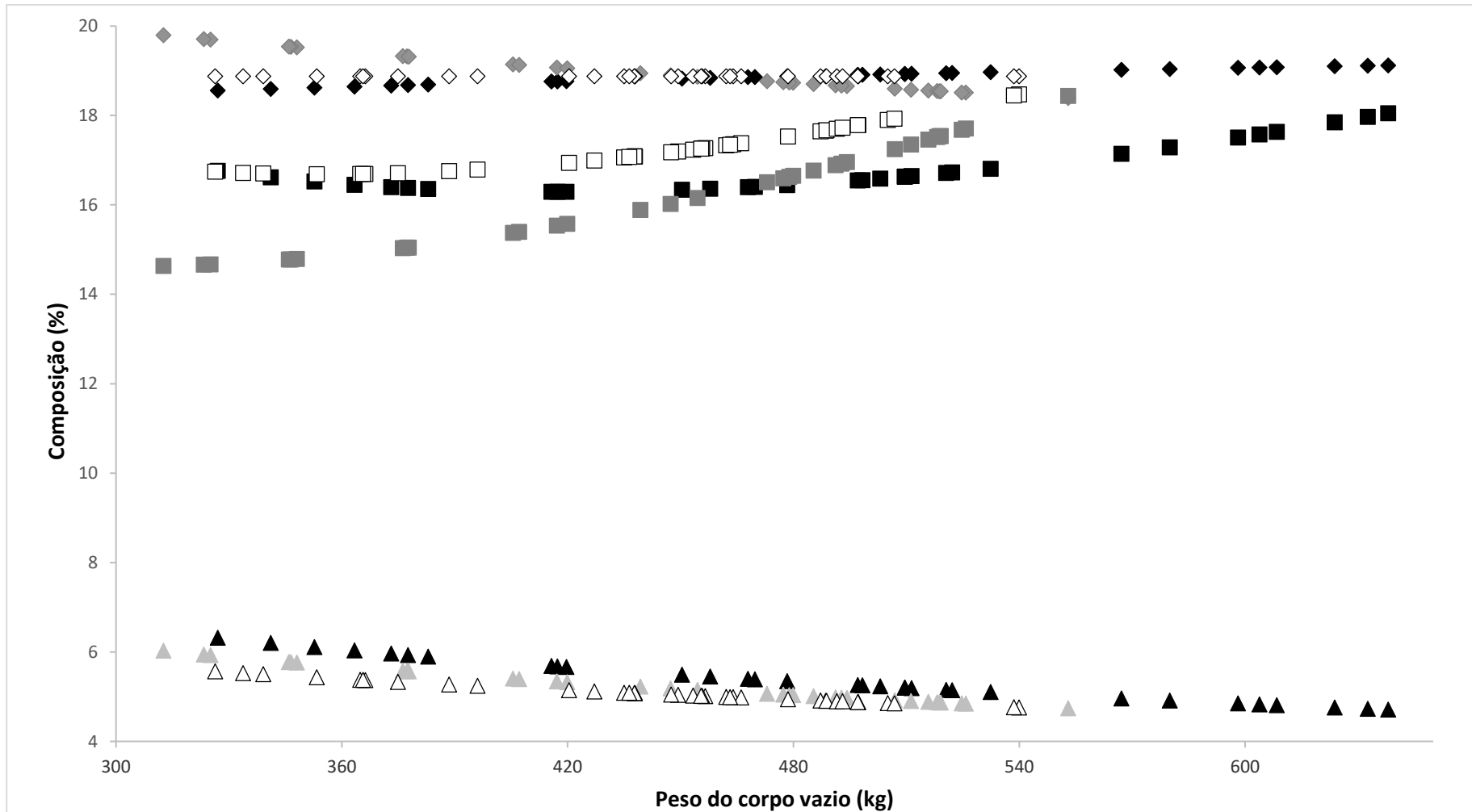


Figura 3. Relação entre as proporções de extrato etéreo (■, ▣, □), proteína bruta (◆, ◇, ◊) e matéria mineral (▲, ▲, △) de três grupos genéticos de bubalinos. Marcadores sólidos pretos representam o grupo Jafarabadi, marcadores sólidos cinzas o grupo Mediterrâneo e o marcadores vazados o grupo Murrah.

Peso a maturidade

PBMSLG

O PCVZ representado no valor de confiança de 95% da relação com a porção de PB foi definido como o momento em que o animal está quimicamente maduro, como mostram as Figuras 1, 2 e 3.

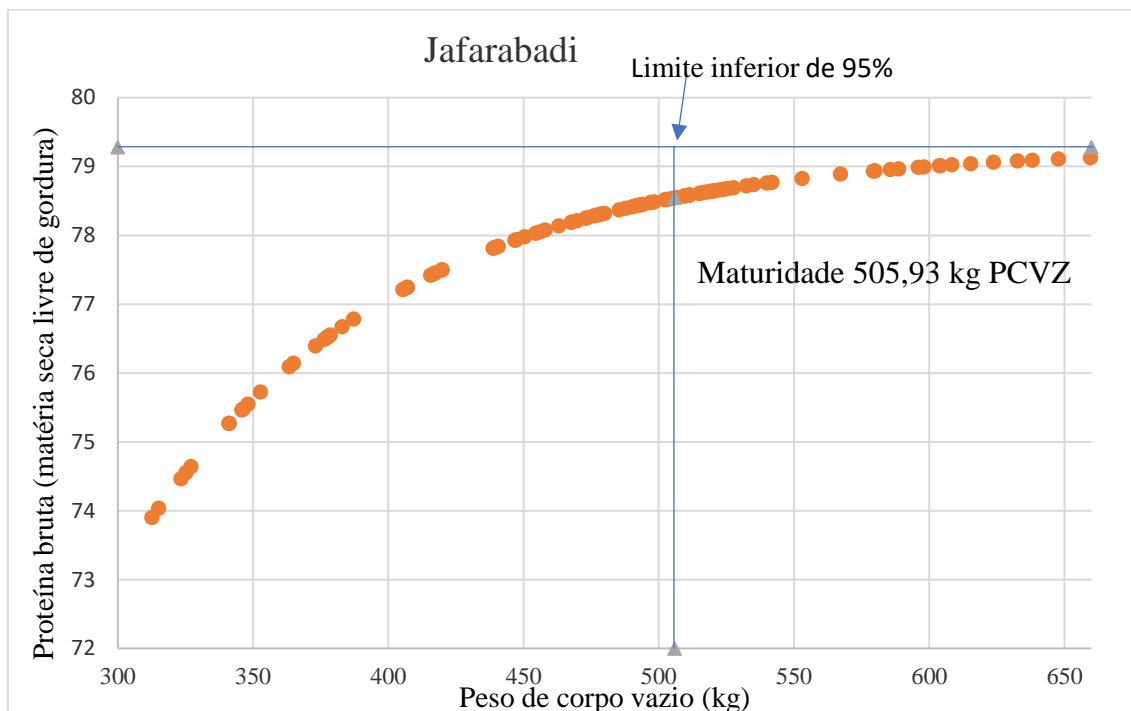


Figura 4. Relação entre o conteúdo de proteína bruta na matéria seca livre de gordura no corpo vazio e o peso de corpo vazio em bubalinos Jafarabadi terminados em confinamento e o limite inferior do intervalo de confiança de 'A' (95%) que representa o momento em que o animal atinge a maturidade.

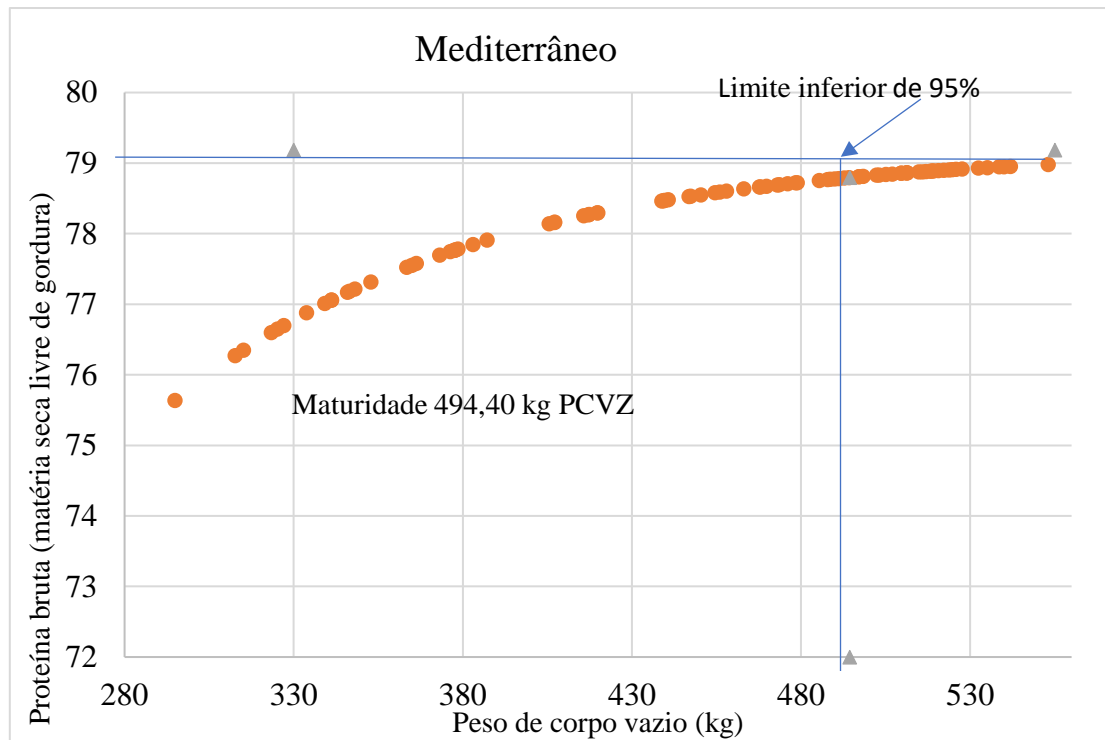


Figura 5. Relação entre o conteúdo de proteína bruta na matéria seca livre de gordura no corpo vazio e o peso de corpo vazio em bubalinos Mediterrâneo terminados em confinamento e o limite inferior do intervalo de confiança de 'A' (95%) que representa o momento em que o animal atinge a maturidade.

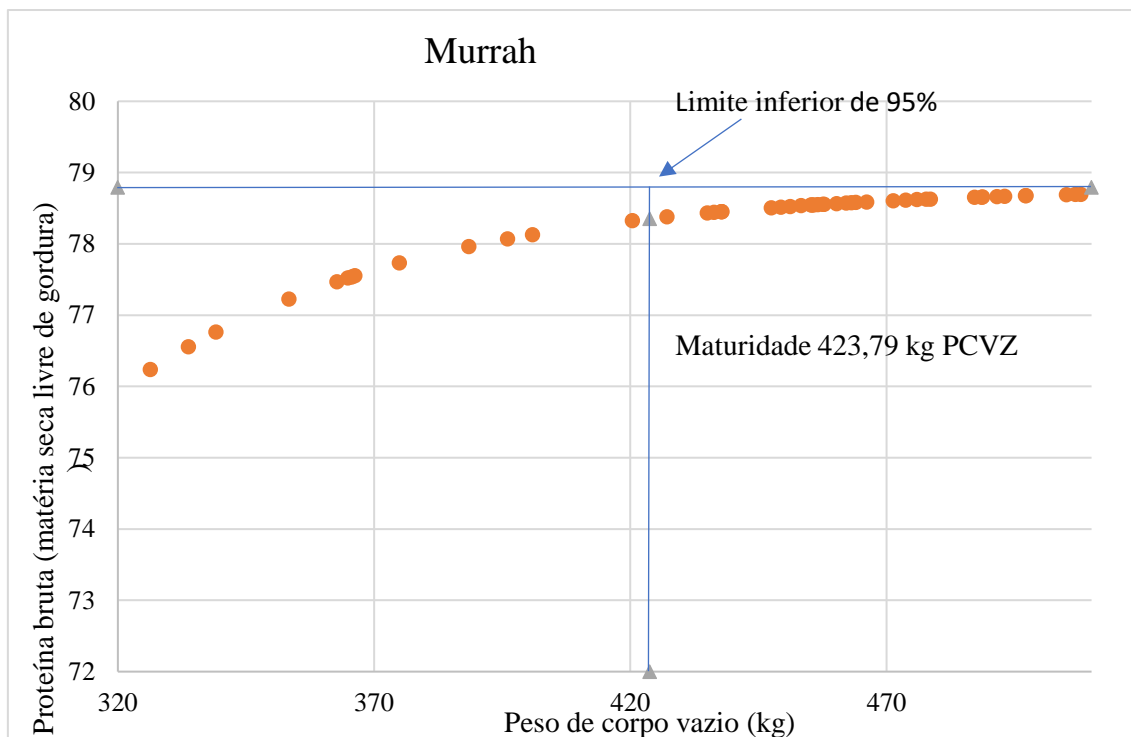


Figura 6. Relação entre o conteúdo de proteína bruta na matéria seca livre de gordura no corpo vazio e o peso de corpo vazio em bubalinos Murrah terminados em confinamento e o limite inferior do intervalo de confiança de 'A' (95%) que representa o momento em que o animal atinge a maturidade.

As Equações 10, 11 e 12 descrevem a PB à medida que a MSLG aumenta, para os grupos genéticos Jafarabadi, Mediterrâneo e Murrah, como segue:

$$PCVZ_{PBMSLG} = 79,279 \times (1 - 1,17 \times e^{-0,010 \times PCVZ}) \text{ para Jafarabadi (Eq. 10),}$$

$$PCVZ_{PBMSLG} = 79,186 \times (1 - 1,18 \times e^{-0,011 \times PCVZ}) \text{ Mediterrâneo (Eq. 11) e}$$

$$PCVZ_{PBMSLG} = 78,793 \times (1 - 1,19 \times e^{-0,018 \times PCVZ}) \text{ Murrah (Eq. 12)}$$

onde $PCVZ_{PBMSLG}$ é o conteúdo de PB na MSLG (kg). As equações sugeriram que bubalinos dos grupos genéticos Jafarabadi, Mediterrâneo e Murrah atingem a maturidade aos 423, 494 e 505 kg de PCVZ, respectivamente.

Discussão

Composição química do corpo vazio

Estimar a composição corporal dos animais é fundamental para a avaliação do valor nutricional dos alimentos e para estudos do crescimento animal (BOIN et al., 1994), uma vez que permite estimar as exigências de proteína para o ganho de peso dos animais. Os principais componentes químicos do corpo de um bovino são: água, gordura, proteína e minerais (BR CORTE, 2016).

A composição corporal de animais confinados não é constante e sofre alteração com o decorrer do tempo e aumento no peso corporal. A composição corporal, especificamente a percentagem de gordura corporal, parece ser o principal componente a afetar o consumo de matéria seca (NRC, 1987). Segundo Grant e Helferich (1991), isto se deve à desaceleração do crescimento muscular e ao desenvolvimento mais rápido do tecido adiposo, com a elevação do PC.

O aumento no conteúdo absoluto de EE (kg kg^{-1}) em relação ao PCVZ (Figura 1) pode ser explicado pelas variações na composição do ganho durante o crescimento animal (Berg; Butterfield, 1976). Para Marcondes et al., (2016) as alterações mais significativas na composição química do corpo de um animal ocorrem no conteúdo de EE. No início da vida, o corpo vazio é constituído principalmente de água, proteína e minerais e com o avanço da idade, são constituídos por crescente proporção de gordura (McDonald et al., 1995), em detrimento dos componentes do corpo magro, representados pelos teores de proteínas e minerais (Jorge et al., 1999; Backes et al., 2005)

O peso a maturidade do grupo Mediterrâneo (494 kg PCVZ) se assemelha ao encontrado para bovinos dos grupos genéticos Angus, Charolês, Charolês x Angus e Holandês x Angus foi estimado peso na maturidade de 469, 580, 534 e 508 kg PCVZ (Nadarajah, et al., 1984). E o grupo Jafarabadi apresentou peso a maturidade (505 kg PCVZ) superior em relação ao Angus e inferior ao Charolês.

Conclui se que o peso a maturidade para bubalinos, machos não castrados terminados em confinamento, dos grupos genéticos Jafarabadi, Mediterrâneo e Murrah é de 505, 494 e 423 kg de PCVZ.

Bibliografia citada

Agudelo-Gómez, D.; Hurtado-Lugo, N.; Cerón-Muñoz, M. F. (2009) Curvas de crecimiento y parámetros genéticos en búfalos (*Bubalus bubalis* Artiodactyla, Bovidae) en Colombia. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*. 22:178 - 188

Albin RC, Zinn DW, Curl SE, Patsch GH (1967) Growth and fattening of the bovine. III. Effect of energy intake upon carcass composition. *Journal of Animal Science* 26:209

ARC. 1980. The nutrients requirements of ruminant livestock. Commonwealth Agricultural Bureaux, London.

Association of Official Analytical Chemistry AOAC (2012) 'Official methods of analysis.' 19th Ed., (AOAC International: Gaithersburg, VA), Official Method 950.46 - 39.1.02.; 4.2.11; 39.1.05; 39.1.09.

Backes, A. A., Paulino, M. F., Alves, D. D., Rennó, L. N., Valadares Filho, S. D. C., & Lana, R. D. P. (2005). Composição corporal e exigências energéticas e protéicas de bovinos mestiços leiteiros e zebu, castrados, em regime de recria e engorda.

Baruah KK, Ranjhan SK, Pathak NN (1988) Influence of dietary protein and energy on carcass characteristics of male buffalo calves. In 'Proceedings of the 2nd World buffalo congress', (IBF). pp. 202. (New Delhi)

Barros GC, Vianni MCE. 1979. Tecnologia aplicada às carnes bovina, suína e de aves, da produção ao consumo. 116.

Berg, R. T., and R. M. Butterfield. 1976. *New Concepts of Cattle Growth*. John Wiley and Sons, Toronto, ON, Canada.

Boin, C., D. P. D. Lanna, G. F. Alleoni E P. R. Leme. 1994. Tourinhos Nelore em Crescimento e Acabamento 3 - Composição do Ganho de Peso. In: In: Reunião da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 31, Maringá, PR. Anais... Maringá, p. 485.

Buckley, B. A., J. F. Baker, G. E. Dickerson, and T. G. Jenkins. 1990. Body composition and tissue distribution from birth to 14 months for three biological types of beef heifers. *Journal of Animal Science* 68:3109–3123.

Brody, S. (1945) *Bioenergetics and growth*. Reinhold publishing. New York, USA.

Brasil. Regulamentação da inspeção industrial e sanitária de produtos de origem animal—RIISPOA. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Brasília, 2000.

Calegare, L, Alencar MM, Packer IU, Lanna DPD. 2007. Energy requirements and cow/calf efficiency of Nellore and Continental and British *Bos taurus* × Nellore crosses. *J. Anim. Sci.* 85:2413–2422.

Calegare L, Alencar MM, Packer IU, Leme PR, Ferrell CL, Lanna DPD. 2009. Preweaning performance and body composition of calves from straightbred Nellore and *Bos taurus* × Nellore crosses, *Journal of Animal Science*, 87(5):1814–1820, doi.org/10.2527/jas.2007-0758

Castro Bulle FCP, Paulino PV, Sanches AS, Sainz RD (2007) Growth, carcass quality, and protein and energy metabolism in beef cattle with different growth potentials and residual feed intakes *Journal of Animal Science* 85:928-936

Coleman SW, Evans BC, Guenther JJ (1993) Body and carcass composition of Angus and Charolais steers as affected by age and nutrition. *Journal of Animal Science* 71:86 – 95.

Costa e Silva LF, Valadares Filho SC, Detmann E, Rotta PP, Zanetti D, Villadiego FAC, Pellizzoni SG, Pereira RMG (2013) Performance, growth, and maturity of Nellore bulls. *Tropical Animal Health and Production* 45: 795–803. doi:10.1007/s11250-012-0291-1

Drew KR (1971) Some effects of weight loss and compensatory growth on the whole body and carcass composition in sheep. Ithaca., 151Ip. (MS Thesis) - Cornell University.

El Debaky HA, Kutchy NA, Ul-Husna A, Indriastuti R, Akhter S, Purwantara B, Memili E (2019) Potential of water buffalo in world agriculture: Challenges and opportunities. *Applied Animal Science* 35:255 - 268.

Franzolin R, Silva JR (2001) Níveis de energia na dieta para bubalinos em crescimento alimentados em confinamento. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 30:1880 – 1885.

Garrett, W. N.; Hinman, N. (1969) Re-Evaluation of the Relationship between Carcass Density and Body Composition of Beef Steers. *Journal of Animal Science*, 28:1–5.

Gomes RC, Sainz RD, Silva SL, César MC, Bonin MN, Leme PR (2012) Feedlot performance, feed efficiency reranking, carcass traits, body composition, energy requirements, meat quality and calpain system activity in Nellore steers with low and high residual feed intake. *Livestock Science* 150:265 – 273.

Guenther JJ, Bushman DH, Pope LS, Morrison RD (1965) Growth and development of the major carcass tissues in beef calves from weaning to slaughter weight, with reference to the effect of plane of nutrition. *Journal of Animal Science* 24:1184–1191.

Hankins, O. G.; Howe, P. E. (1946) Estimation of the Composition of Beef Carcasses and Cuts - Technical Bulletin. 926. ed. Washington D.C.

Henrickson RL, Pope LS, Hendrickson RF (1965) Effect of rate of gain of fattening beef calves on carcass composition. *Journal of Animal Science* 24:507–513.

Jenkins TG, Leymaster KA (1993) Estimates of maturing rates and masses at maturity for body components of sheep. *Journal of Animal Science* 71:2952–2957.

- Jorge, AM, Fontes, CADA, Paulino, MF (1999). Composição corporal de bovinos de quatro raças zebuínas, abatidos em diferentes estádios de maturidade. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 28:388-394.
- Lofgreen, G. P.; Hull, J. L.; Otagaki, K. K. (1962) Estimation of Empty Body Weight of Beef Cattle. *Journal of Animal Science*, 21:20–24.
- Marcondes, M. I., L. O. Tedeschi, S. C. Valadares Filho, L. F. Costa e Silva, and A. Lopes da Silva. 2016. Using growth and body composition to determine weight at maturity in Nellore cattle. *Animal Production Science*. 56:1121-1129. doi.org/10.1071/AN14750
- McDonald P, Edwards RA, Greenhalgh JFD (1995) *Animal nutrition*. 5.ed. Singapore: Longman.
- Moulton CR. 1923. Age and chemical development in mammals. *Journal Biological Chemistry* 57:79.
- Nadarajah, K.; Marlowe, T. J.; Notter, D. R. (1984) Growth patterns of Angus, Charolais, Charolais x Angus and Holstein x Angus cows from birth to maturity. *Journal of Animal Science*. 59:957 – 966.
- NRC. 2000. *Nutrient Requirements of Beef Cattle*. 7th ed. National Academy Press, Washington, DC. doi:10.17226/9791.
- Owens FN, Dubeski P, Hanson CF. 1993. Factors that alter the growth and development of ruminants. *Journal of animal science*, 71:3138-3150.
- Paulino MF, Fontes CDA, Jorge AM, Queiroz AD, Silva JD, Gomes Júnior P. 1999. Composição corporal e exigências de macroelementos minerais (Ca, P, Mg, Na e K) de bovinos não-castrados de quatro raças zebuínas. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 28:634-641.
- Prior RL, Kohlmeier RH, Cundiff LV, Dikeman ME, Crouse JD. 1977. Influence of dietary energy and protein on growth and carcass composition in different biological types of cattle. *Journal of Animal Science*, 45:132-146.
- Reid JT, Wellington GH, Dunn HO. 1955. Some relationships among the major chemical components of the bovine body and their application to nutritional investigations. *Journal of Dairy Science* 38:1344–1359. doi:10.3168/jds.S0022-0302(55)95117-1
- Richardson EC, Herd RM, Oddy VH, Thompson JM, Archer JA, Arthur PF (2001) Body composition and implications for heat production of Angus steers progeny of parents selected for and against residual feed intake. *Australian Journal Experimental Agriculture* 41:1065-1072.
- Rodrigues VC, Andrade IF. 2004. Características Físico-Químicas da Carne de Bubalinos e de Bovinos Castrados e Inteiros. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 33:1839-1849.
- Rosner B. (1983). Percentage points for a generalized ESD many-outlier procedure. *Technometrics*, 25:165-172.

Tedeschi LO, Boin C, Fox DG, Leme PR, Alleoni GF, Lanna DP (2002) Energy requirement for maintenance and growth of Nellore bulls and steers fed high-forage diets. *Journal of Animal Science* 80:1671–1682.

Williams CB, Jenkins TG (2003) A dynamic model of metabolizable energy utilization in growing and mature cattle. III. Model evaluation. *Journal of Animal Science* 81:1390–1398.

Woody HD, Fox DG; Black JR (1983) Effect of diet grain content on performance of growing and finishing cattle. *Journal of Animal Science*, Champaign, 57:717-723.