

FELIPE CHAVES RODRIGUES

**TURNOVER PROTÉICO, AVALIAÇÃO E PREDIÇÃO DA COMPOSIÇÃO
QUÍMICA DA CARÇA E DO CORPO VAZIO DE BOVINOS $\frac{3}{4}$ ZEBU $\times$ $\frac{1}{4}$
HOLANDÊS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, para obtenção do título de Magister Scientiae.

**VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2014**

**Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa - Câmpus Viçosa**

T

R696t
2014
Rodrigues, Felipe Chaves, 1988-
Turnover protéico, avaliação e predição da composição
química da carcaça e do corpo vazio de bovinos $\frac{3}{4}$ Zebu $\times$ $\frac{1}{4}$
Holandês / Felipe Chaves Rodrigues. – Viçosa, MG, 2014.
x, 44f. : il. ; 29 cm.

Orientador: Sebastião de Campos Valadares Filho.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.
Inclui bibliografia.

1. Bovino de corte - Carcaça. 2. Bovino - Cruzamento.
3. Bovino - Raças. 4. Turnover protéico. 5. 3-metil-histidina.
I. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Zootecnia.
Programa de Pós-graduação em Zootecnia. II. Título.

CDD 22. ed. 636.213

FELIPE CHAVES RODRIGUES

**TURNOVER PROTÉICO, AVALIAÇÃO E PREDIÇÃO DA COMPOSIÇÃO
QUÍMICA DA CARCAÇA E DO CORPO VAZIO DE BOVINOS $\frac{3}{4}$ ZEBU $\times$ $\frac{1}{4}$
HOLANDÊS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, para obtenção do título de Magister Scientiae.

APROVADA: 12 de março de 2014.

Mário Luiz Chizzotti
(Coorientador)

Luciana Navajas Rennó
(Coorientadora)

Edenio Detmann

Rilene Ferreira Diniz Valadares

Sebastião de Campos Valadares Filho
(Orientador)

À Deus e Nossa Senhora Aparecida
À minha MãE, Elane
À vizinha e vizinho
Aos familiares e amigos

Dedico.

AGRADECIMENTOS

À Deus, pela vida, amor, fé e força para vencer as batalhas.

À Nossa Senhora Aparecida, pela proteção e acalento.

À minha Mãe, pelo AMOR, conselhos, determinação, exemplo, apoio incondicional, confiança e por abrir mão de sua vida pela minha! Obrigado por ser minha mãe! Obrigado por cada palavra! Espero poder ser motivo de orgulho sempre.

Aos meus vozinho e vozinha, pelo amor, oração, presença, conversa, confiança e apoi sempre! Amo vocês imensamente!

À Jú, pelo carinho, amizade e pelo presente maravilhoso que nos deu, Cauã!

Ao Cauã, por trazer felicidade e um sorriso lindo e sincero, alegrando cada momento em nossa casa.

Ao meu pai, minha boadrasta e irmãos, por acreditarem na minha vitória.

À Vô Nerval e Vó Rosa, pelo imenso carinho que sempre tiveram.

À minha tia Margarete pela presença e por estar sempre em meu coração e pensamentos.

Ao meus tios e primos, pelo amor, compreensão, força e créditos depositados sempre em mim.

À Universidade Federal de Viçosa, pela minha formação e sobretudo ao Departamento de Zootecnia, por tornar possível a concretização deste curso.

Ao CNPq, INCT-CA, CAPES e FAPEMIG pelo apoio financeiro a esta pesquisa e concessão de bolsas.

Ao professor Sebastião de Campos Valadares Filho, pelo profissionalismo e oportunidade. Obrigado pela paciência e confiança!

Ao professor Mario Paulino pelos ensinamentos (desde a época da graduação) e contribuições.

Aos professores Edenio Detmann e Mário Chizzotti e às professoras Luciana Rennó e Rílene por disponibilizarem seu tempo e cooperarem com a realização e conclusão deste trabalho, pelo carinho e amizade.

Aos estagiários e bolsistas, peças essenciais em cada momento do trabalho, permitindo a realização e sua conclusão: Ana Clara, Ariel, Breno, Danillo, Douguinha, Faider, Flávia, Fillipe (Tostado), Gabriela, Hugo, Igor, Ilana, Jessikinha, Letícia, Luciano, Luís (Doente), Maísa, Marquinhos, Marcos (Cajurú), Rodrigo (Dino), Suzana, Zanetti.

Aos meus amigos da ZOO-07, principalmente ao Alex, Alexandre, Daniel (Chú), Ladeira, Leandro, Luíz (Janaúba), Tiquera, Vanessa (Sarah) e Vitinho, pela amizade e companheirismo até hoje.

À república Pentágono, pela amizade construída fortemente.

À todos os meus amigos de Viçosa, em especial ao Ariel, Danillo, Zanetti, Hugo, Vandinho, Rodrigo, Dino, Alexandre, Laurinha, Lyvian, Laysão, Palominha, Marcelo Grossi, Besouro, Mateus (Tchê), Marcinho, Douguinha (Big Dog), Bernardo, Luciana (RS), Kátia, Izabella, Emília, Rep Pata de Camelo e Embaixo da Graça.

Ao grande companheiro de experimento: Besouro Chamon!

Aos funcionários do DZO, especialmente ao Vanor, José Geraldo (Zezé), Natanael (Pum), Joélcio (Ti Jojô), Marcelo Cardoso, Seu Jorge e Monteiro, pelo apoio, colaboração, amizade e convivência.

Aos amigos da CEDAF e Tchó Tchó

À ZOOTECNIA

Viver cada momento, aproveitar intensamente cada instante. Curtir os Amigos, amar a Família, agradecer e ter fé em Deus. Olhar para traz e perceber que o caminho percorrido foi longo, mas andamos, vencemos! Hoje aprendi que não somos os mesmos, nos reinventamos e nos conhecemos diariamente.

(Felipe Chaves Rodrigues)

Meu MUITO OBRIGADO a cada um, que a sua maneira, contribui para a concretização deste trabalho.

BIOGRAFIA

FELIPE CHAVES RODRIGUES, filho de Elane Vieira Chaves e Marcélio de Matos Rodrigues, nasceu em Teófilo Otoni, MG, em 29 de novembro de 1988.

Em 2004, ingressou no curso de Técnico Agrícola na Central de Ensino e Desenvolvimento Agrário de Florestal, colando grau em dezembro de 2006.

Em 2007, ingressou no curso de Zootecnia na Universidade Federal de Viçosa, colando grau em janeiro de 2012.

Em março de 2012 iniciou o curso de Mestrado em Zootecnia, na Universidade Federal de Viçosa, concentrando seus estudos na área de Nutrição e Exigências Nutricionais de Ruminantes, submetendo-se à defesa de dissertação em 12 de março de 2014.

CONTEÚDO

RESUMO	vii
ABSTRACT	ix
Introdução Geral	1
Referências Bibliográficas	4
Capítulo 1 - Avaliação e predição da composição química do componente não-carcaça, carcaça e corpo vazio de bovinos $\frac{3}{4}$ Zebu $\times$ $\frac{1}{4}$ Holandês.....	7
Resumo	7
Abstract	8
Introdução	9
Material e Métodos	10
Resultados e Discussão	16
Conclusões	28
Referências Bibliográficas	29
Capítulo 2 - Turnover protéico em novilhos e novilhas $\frac{3}{4}$ Zebu $\times$ $\frac{1}{4}$ Holandês, em diferentes períodos de crescimento	32
Resumo	32
Abstract	33
Introdução	34
Material e Métodos	35
Resultados	38
Discussão	41
Conclusões	42
Referências Bibliográficas	43

RESUMO

RODRIGUES, Felipe Chaves, M. Sc., Universidade Federal de Viçosa, março de 2014.
Turnover protéico, avaliação e predição da composição química da carcaça e do corpo vazio de bovinos $\frac{3}{4}$ Zebu $\times$ $\frac{1}{4}$ Holandês. Orientador: Sebastião de Campos Valadares Filho. Coorientadores: Mário Luiz Chizzotti e Luciana Navajas Rennó.

Objetivou-se com esse trabalho propor novos modelos para prever a composição química do componente não-carcaça, avaliar com dados de animais cruzados $\frac{3}{4}$ Zebu $\times$ $\frac{1}{4}$ Holandês as equações propostas no BR-Corte (2010) para prever a composição química da carcaça e do corpo vazio de bovinos utilizando variáveis do corpo e seção entre a 9ª e 11ª costelas e utilizar a excreção de 3-metil-histidina (3MH) para estudar a síntese e degradação proteica muscular em machos e fêmeas cruzados, em diferentes fases de desenvolvimento. No capítulo 1, objetivou-se desenvolver equações para estimar a composição química dos componentes não carcaça e avaliar com dados de animais cruzados $\frac{3}{4}$ Zebu $\times$ $\frac{1}{4}$ Holandês, as equações para predição da composição química da carcaça e do corpo vazio propostas pelo BR-Corte (2010) para bovinos. Foram utilizados dados de 130 animais de três experimentos (24 machos castrados (MC), 24 fêmeas e 82 machos não-castrados (MNC)). Nos três experimentos, o procedimento de abate foi o mesmo, onde o trato gastrointestinal foi lavado para determinação do peso de corpo vazio, e todos os componentes do corpo do animal pesados individualmente. A meia carcaça direita foi dissecada completamente, sendo pesadas as quantidades de carne, gordura e ossos. Foram separadas de cada animal uma amostra do componente carcaça e uma amostra do componente não-carcaça para determinação da composição química. Nos machos castrados, fêmeas e 50 dos machos não castrados, foi retirada a seção compreendida entre a 9ª e a 11ª costelas (seção HH) e realizada sua dissecação completa para avaliação das equações para predição da composição química da carcaça e corpo vazio propostos pelo BR-Corte (2010). Foram propostas equações para estimação da composição de extrato etéreo, proteína bruta, matéria mineral, cálcio, fósforo, magnésio, sódio e potássio dos componentes não carcaça; testadas as equações propostas no BR-Corte (2010) para os teores de proteína bruta e extrato etéreo na carcaça e no corpo vazio de bovinos e reajustadas as equações que não estimaram adequadamente os valores observados. As equações propostas pelo BR-Corte (2010) estimaram de forma adequada os teores de EE na carcaça de MC, MNC e fêmeas, e EE no corpo vazio de MC e fêmeas. Assim, foram reajustadas e sugeridas equações para predição da composição da PB da

carcaça de MC, MNC e fêmeas, do EE do corpo vazio de MNC e da PB do corpo vazio de MC, MNC e fêmeas. No capítulo 2 objetivou-se avaliar a degradação e a síntese proteica de bovinos machos castrados e fêmeas, utilizando a excreção de 3-metil-histidina. Foram utilizados 40 bovinos cruzados $\frac{3}{4}$ Zebu $\times$ $\frac{1}{4}$ Holandês, sendo 20 machos castrados e 20 fêmeas, com idade média de 12 meses e peso inicial médio de 299 kg para os machos e 266,7 kg para as fêmeas. Os animais foram divididos em quatro grupos de oito animais cada um (sendo quatro machos e quatro fêmeas) para serem abatidos aos 30, 60, 90 e 120 dias de confinamento. Oito animais (quatro de cada sexo) foram abatidos ao início do experimento para determinação também da massa e proteína muscular inicial e quatro animais de cada sexo ao final de cada período de confinamento para determinação da massa e proteína muscular. A dieta foi constituída de 45% de volumoso e continha 116,35 g de proteína bruta / kgMS. Para avaliar a degradação proteica foi efetuada coleta total de urina durante três dias em todos os animais abatidos no final de cada período de confinamento para análise da excreção de 3-metil-histidina. A coleta de urina foi realizada cinco dias antes de cada abate. A concentração de 3-metil-histidina em $\mu\text{mol}/\text{mmol}$ de creatinina na urina não diferiu entre machos e fêmeas ($P>0,44$) e entre períodos de confinamento ($P>0,45$). A taxa fracional de degradação foi menor nos machos que nas fêmeas ($P<0,01$) e maior para os animais abatidos aos 60, 90 e 120 em comparação aos abatidos com 30 dias de confinamento ($P<0,01$), não havendo interação entre sexo e período de confinamento ($P>0,38$). Para a taxa fracional de síntese não houve interação entre sexo e período de confinamento ($P>0,31$) e efeito de sexo ($P>0,10$), mas foi observado efeito de período de confinamento ($P<0,01$) que foi menor para os animais abatidos aos 30 dias em comparação aos demais. A taxa fracional de acréscimo não apresentou interação entre sexo e período de confinamento ($P>0,34$), sendo maior nos machos ($P<0,03$) e diferente entre os períodos de confinamento ($P<0,01$), sendo maior para os animais abatidos aos 120 dias, seguidos dos 90 dias e posteriormente dos 30 e 60 dias de confinamento. Conclui-se que a taxa de degradação é maior nas fêmeas e a taxa de acréscimo é maior nos machos castrados não havendo diferença entre os sexos para a taxa de síntese proteica, que foi aumentada com os dias de confinamento.

ABSTRACT

RODRIGUES, Felipe Chaves, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, March of 2014. **Protein turnover, evaluation and prediction of chemical composition of non-carcass, carcass and empty body components from $\frac{3}{4}$ Zebu $\times$ $\frac{1}{4}$ Dutch bovines.** Adviser: Sebastião de Campos Valadares Filho. Co-advisers: Mário Luiz Chizzotti and Luciana Navajas Rennó.

This paper aimed to propose new models to forecast the chemical composition of the non-carcass component; evaluate the equations proposed by BR-Corte (2010) to predict chemical composition of carcass and empty body from bovines using variables of the body and the section between 9th and 11th ribs from data of crossbred animals $\frac{3}{4}$ Zebu $\times$ $\frac{1}{4}$ Dutch; and use 3-methylhistidine (3MH) excretion to study the muscle protein synthesis and degradation in both crossbred males and females, at different stages of growth. In chapter 1, the objectives were to develop equations to estimate the non-carcass components chemical composition and to evaluate the prediction equations of chemical composition of carcass and empty body from bovines, proposed by BR-Corte (2010). Data from 130 animals in three experiments (24 castrated males – CM; 24 females; and 82 non-castrated males – NCM). Over the three experiments, the slaughter procedure was the same, where the gastrointestinal tract was washed to determine the empty body weight and all components of the animal body were weighed individually. The right half carcass was completely dissected and the weight of flash, fat and bones was measured. A sample from both carcass and non-carcass components were collected to determine the chemical composition. The section between the 9th and 11th ribs (HH section) was removed from all castrated males, all females and from 50 non-castrated males and completely dissected to evaluate the chemical composition prediction equations of carcass and empty body from BR-Corte (2010). Equations to estimate composition of the ethereal extract (EE), crude protein (CP), mineral material, calcium, phosphorus, magnesium, sodium and potassium of non-carcass components were proposed. Also, the BR-Corte (2010) equations to crude protein and ethereal extract contents of carcass and empty body were tested and the ones that did not estimate accordingly the known values were readjusted. The equations from BR-Corte (2010) estimated rightly the EE content in carcass from CM, NCM and females; and the EE content in empty body from CM and females. Thus, the forecast equations of CP in carcass from CM, NCM and female; EE in empty body from NCM; and CP in empty body from CM, NCM and females were readjusted. In Chapter 2, the objective was to evaluate the protein synthesis and degradation from castrated males and females, using 3MH. 20 castrated males and 20 females were used.

They were with an average age of 12 months and average initial weight of 299 kg for males and 266,7 kg for females. The animals were separated in four groups with eight animals each group (four females and four males) to be slaughtered at 30, 60, 90 and 120 days of confining. The animals were separated in a completely randomized design, in 4 x2 factorial scheme, being two gender condition (castrated males and females) and four confining periods (30, 60, 90 and 120 days). Eight animals (four of each gender) were slaughtered at the beginning of the experiment to determine the initial muscle protein and mass; and four animals of each gender were slaughtered at the end of each period of confining to determine muscle protein and mass. The diet consisted of 45% forage and contained 116.35 g of crude protein / kgDM. To assess protein degradation was performed total collection of urine for three days in all animals slaughtered at the end of each period of confinement for analysis of excretion of 3-methyl-histidine. The urine collection was performed five days before each slaughter. The concentration of 3-methylhistidine in mmol / mmol of creatinine in urine did not differ between males and females ($P < 0.44$) and between periods of confining ($P > 0.45$). The fractional degradation rate was lower in males than in females ($P < 0.01$) and higher for animals slaughtered at 60, 90 and 120 compared to the slaughter with 30 days of confinement ($P < 0.01$), with no interaction between sex and period of confining ($P > 0.38$). For the fractional synthesis rate there was no interaction between sex and period of confining ($P > 0.31$) and sex effect ($P > 0.10$), but the effect of confinement period ($P < 0,0,1$) was observed, which was lower for animals slaughtered at 30 days compared to the others. The fractional rate of increase showed no interaction between sex and period of confining ($P > 0.34$), being higher in males ($P < 0.03$) and between different periods of confining ($P < 0.01$), being higher for animals slaughtered at 120 days, followed by 90, 30 and 60 days of confining. It is concluded that the degradation rate is higher in females and the rate of increase is higher in castrated males with no difference between genders for the rate of protein synthesis, which was increased with days on feed.

INTRODUÇÃO GERAL

Com o efetivo de 211 milhões de cabeças, o Brasil possui o maior rebanho comercial de bovinos do mundo (IBGE, 2012). Apesar de ocupar a primeira posição no número de bovinos, a produtividade da pecuária brasileira é baixa, com índices zootécnicos inferiores aos dos países desenvolvidos. Torna-se necessário atingir maior produtividade, visto que a pecuária de corte representa parcela significativa do produto interno bruto (PIB) brasileiro.

A preocupação com a produtividade, onde se correlacionem desenvolvimento, redução nos custos de produção e preservação do meio ambiente, leva ao desenvolvimento de pesquisas que possam comprovar diferentes métodos de utilização dos recursos disponíveis. A eficiência produtiva deve vir acompanhada de sustentabilidade, que requer a compreensão de vários fatores relacionados à produção, principalmente utilização de novas tecnologias e práticas de manejo. O maior custo na bovinocultura de corte é oriundo da alimentação, correspondendo a aproximadamente 70% do custo de produção, quando não se considera o valor dos animais. Com o intuito de minimizar os custos procurando uma produtividade sustentável para os criadores de bovinos de corte, estudos na área de nutrição de ruminantes vêm sendo realizados.

Uma vez conhecida a composição dos alimentos e seu valor nutritivo, pode-se atender às exigências nutricionais dos animais com maior eficácia. Dessa forma, determinar as exigências de todas as categorias animais é de fundamental importância devido à redução no custo da alimentação, fornecendo todos os nutrientes necessários para o crescimento e terminação.

A pesquisa científica mundial em nutrição animal tem definido, há mais de um século, os nutrientes requeridos pelos animais (Preston, 2006). Alguns países já estabeleceram os requerimentos nutricionais de bovinos de corte, de acordo com as características e peculiaridades de suas realidades, apresentando atualizações (ARC, 1980; AFRC, 1993; NRC, 2000; INRA, 2007; CSIRO, 2007). O balanceamento das dietas no Brasil na maioria das vezes tem sido realizado a partir das exigências nutricionais sugeridas por estes conselhos.

As primeiras Tabelas Brasileiras de Exigências Nutricionais de Zebuínos foram publicadas por Valadares Filho et al. (2006), buscando otimizar o desempenho animal e tornar as rações formuladas no Brasil mais econômicas, sendo a segunda edição publicada em 2010.

Observa-se, porém, na literatura, que há carência de dados de exigências nutricionais, desempenho e eficiência alimentar de animais mestiços de zebuínos com Holandês durante as fases de crescimento e de terminação.

A utilização de animais em crescimento nos experimentos de exigências nutricionais não tem sido freqüente no Brasil; sendo assim, os dados em condições brasileiras para pesos menores são escassos. A utilização de animais zebuínos cruzados com animais holandeses não foi utilizada de forma separada no BR-CORTE (2010) devido ao pequeno número de animais, e estes dados são muito importantes para as condições brasileiras, devido ao sistema “vaca de leite, bezerro de corte” encontrado em muitas propriedades brasileiras.

Para se quantificar as exigências nutricionais de bovinos é fundamental o conhecimento da composição corporal dos mesmos. Para predição da composição da carcaça e do corpo vazio podem ser utilizados métodos direto ou indireto. Diretamente, é necessária a utilização de todas as partes do corpo do animal, tornando os experimentos caros, trabalhosos e demorados, tanto na parte de campo como em laboratório. Indiretamente, é possível predizer a composição a partir de características mais facilmente obtidas, visando encontrar maneira mais simples para avaliar a composição química da carcaça e do corpo vazio, sendo esses estudos realizados desde antes da década de 1980.

Diversos autores buscaram desenvolver formas de avaliar indiretamente a composição da carcaça (Hankis & Howe, 1946; Powell & Huffman, 1973; Crouse & Diekman, 1974), do corpo vazio (Panaretto & Till, 1963) e usando a combinação de ambas (Hopper, 1944; Kraybill et al., 1952; Clark et al., 1976). No Brasil, o método proposto por Hankis & Howe (1946), no qual se utiliza a seção que compreende o corte entre a 9ª e a 11ª costelas (Seção HH), foi o mais empregado, pois se mostrou de baixo custo e com bons resultados em alguns estudos.

Valadares Filho et al. (2006), utilizando dados de animais criados em condições brasileiras, propuseram novas equações. Marcondes et al. (2010) desenvolveram equações que utilizam os componentes da seção compreendida entre a 9ª e 11ª costelas (Seção HH) e outras variáveis para predição da composição corporal de bovinos. Contudo, não foi encontrado na literatura consultada equações semelhantes para bovinos mestiços de Holandês.

Portanto, além das equações para estimar a composição da carcaça, há também a necessidade de informações sobre a composição do corpo vazio, que inclui os componentes não-carcaça: membros, cabeça, couro, sangue, gordura visceral e órgãos e vísceras. A predição da composição do peso de corpo vazio geralmente é mais variável

do que a da carcaça. Assim, uma alternativa lógica seria desenvolver equações para predição da composição dos componentes não-carcaça que somados aos da carcaça permite calcular a composição do corpo vazio.

Outras formas através de compostos metabólicos excretados pelo animal, principalmente através da urina vêm sendo estudados como forma de quantificar a composição corporal do animal.

Costa e Silva (2011), utilizando animais Nelore, correlacionou a excreção urinária de creatinina com a produção do músculo esquelético. Trabalhos com animais mestiços são escassos, necessitando estudos para esse tipo de animal. Somente a análise de creatinina na urina não é suficiente para entender o metabolismo muscular.

O principal mecanismo para a hipertrofia muscular pós-natal é o acréscimo de proteína. A maior parte da proteína presente no corpo do animal está presente no músculo esquelético, que também funciona como reserva de proteína para metabolismo do corpo (Daniel et al., 1977).

A mensuração da excreção urinária de 3-metil-histidina (3MH) tem sido uma técnica utilizada para quantificar a degradação proteica no músculo in vivo.

A 3MH é formada pela modificação (metilação) pós-tradução da histidina na cadeia polipeptídica da actina ou miosina do músculo esquelético e durante o catabolismo de proteínas miofibrilares é liberada e excretada na urina, não sendo assim reutilizada para a síntese protéica nem metabolizada oxidativamente (Gopinath e Kitts, 1984).

McCarthy et al. (1983), Harris e Milne (1980), Castro Bulle et al. (2007) e Gopinath e Kitts (1984) utilizaram a 3MH excretada na urina para estimar a degradação da proteína muscular. De acordo Nishizawa et al. (1979), 93,4% do total de 3MH em bovinos (35,6 mg/kg de peso corporal) está presente no músculo esquelético.

Dessa forma, com o conhecimento das excreções de creatinina e de 3MH na urina, pode-se estimar a síntese muscular, considerando a diferença entre a quantidade de tecido muscular e a quantidade desse tecido degradado.

A maioria dos resultados observados é proveniente de raças britânicas e poucas pesquisas tem sido realizadas com animais *Bos indicus* e seus cruzamentos. No geral as raças zebuínas, segundo o NRC (1996), possuem maturidade tardia e menores requerimentos de energia de manutenção comparados aos animais *Bos taurus*. Chizzotti et al. (2008) apresentou que a menor energia requerida pode ser parcialmente explicada pelas menores taxas de turnover proteico. Dessa forma é necessário avaliar o metabolismo da proteína muscular sob diversas condições fisiológicas.

Portanto, objetivou-se com este trabalho desenvolver equações para predizer a composição química dos componentes não-carcaça e avaliar as equações propostas no BR-Corte (2010) para predizer a composição química da carcaça e do corpo vazio de animais cruzados Zebu × Holandês, além disso utilizou-se a excreção de 3MH para avaliar a síntese e degradação proteica muscular em machos e fêmeas cruzados, em diferentes fases de desenvolvimento.

Referências Bibliográficas

- 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. **Nutrition Abstracts and Reviews**, v.61, p.576-612, 1991.
- AGRICULTURAL RESEARCH COUNCIL - ARC. **The Nutrient Requirements of Ruminant Livestock**. London:Agricultural Research Council. The Gresham Press, 1980. 351p.
- CASTRO BULLE, F. C. P., PAULINO, P. V., SANCHES, A. C. AND SAINZ, R. D. Different growth potentials and residual feed intakes. **Journal of Animal Science**. v.85. p.928–936, 2007
- CHIZZOTTI, M. L.; TEDESCHI, L. O.; VALADARES FILHO, S. C. A meta-analysis of energy and protein requirements for maintenance and growth of Nelore cattle. **Journal of Animal Science**, v.86, p.1588-1597, 2008.
- CLARK, J. L.; HEDRICK, H. B.; THOMPSON, G. B. Determination of body composition of steers by ⁴⁰K. **Journal of Animal Sciencen**. v.42, n.2, p.352-356, 1976.
- COSTA E SILVA, L. F. Exigências nutricionais, validação de equações para a estimação da composição do corpo vazio e uso da creatinina para estimar a proporção de tecido muscular em bovinos nelore. **Dissertação de mestrado**, 2011.
- CROUSE, J. D.; DIKEMAN. M. E. Methods of estimating beef carcass chemical composition. **Journal of Animal Science**, v. 38, n.6, p.1190-1196, 1974.
- DANIEL, P. M.; PRATT, O. E.; SPARGO, E. The metabolic homeostatic role of muscle and its function as a store of protein. **Lancet**, v. 2, p.446-448, 1977.

- GOPINATH, R., AND W. D. KITTS. Growth, N-methylhistidine excretion and muscle protein degradation in growing beef steers. **Journal of Animal Science**. v59. p.1262–1269, 1984.
- HANKINS, O. G.; HOWE, P. E. Estimation of the composition of beef carcasses and cuts. [T.B.]: United States Department of Agriculture, p.1-19, 1946. (**Technical Bulletin** - USDA, 926).
- HARRIS, C. I.; MILNE, G. 1981. The urinary excretion os N^T-methylhistidine by cattle: validation as na index of muscle protein breakdown. **British Journal of Nutrition**, v.45, p.411-429, 1981.
- IBGE; Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Acesso em 21 de fevereiro de 2014. Disponível [on line: ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Pecuaria/Producao_da_Pecuaria_Municipal/2012/tabelas_pdf/tab01.pdf](ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Pecuaria/Producao_da_Pecuaria_Municipal/2012/tabelas_pdf/tab01.pdf)
- JONES, S.J.; CALKINS, C.R.; STARKEY, D.; CROUSE, J.D. Myofibrillar Protein Turnover in Feed-Restricted and Realimented Beef Cattle. **Journal Animal Science**. v.68, p.2707-2715, 1990.
- KRAYBILL, H. F.; BITTER, H.L.; HANKINS, O. G. Body composition of cattle. I. Estimation of body fat from measurament in vivo of body water by use of antipyrine. **Journal of Applied Physiology**. V.4, n.7, p.575-583, 1952.
- MARCONDES, M.I.; TEDESCHI, L.O.; VALADARES FILHO, S.C.; CHIZZOTTI, M.L. Prediction of physical and chemical body composition by 9-10-11th rib cut. **Journal of Animal Science**, 2010.
- McCARTHY, F.D.; BERGEN, W.G.; HAWKINS, D.R. Muscle Protein Turnover in Cattle of Differing Genetic Backgrounds as Measured by Urinary NMethylhistidine Excretion. *J. Nutr.*, v.113, n.12, p.2455-2463, 1983.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. **Nutrient requirements of beef cattle**, 7.ed. Washington, D.C.: National Academic Press, p.242, 1996.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. **Nutrient requirements of beef cattle**.7.ed. Washington, D.C.: 242p, 2000.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. **Nutrient requirements of dairy cattle**.7.ed. Washington, D.C.: 381p, 2001.
- NISHIZAWA, N.; TOYODA, Y.; NOGUCHI, T.; HAREYAMA, S.; ITABASHI, H.; and FUNABIKI, R. N^T-Methylhistidine contente of organs and tissues os cattle and attempt to estimate fractional catabolic and synthetic rates of myofibrillar proteins of

- skeletal muscle during growth by measuring urinary output of N^T-Methylhistidine. **British Journal Nutrition**, v.42, p.247-252, 1979.
- PANARETTO, B. A., TILL, A. R. Body composition in vivo. II. The composition of mature goats and its relationship to the antiprime, tritiated water, and N-acetyl-4-aminoantipyrine spaces. **Australian Journal of Agricultural Research**. v.14, p.926-943, 1963.
- POWELL, W. E.; HUFFMAN, D. L. Predicting chemical composition of beef carcass from easily obtainable carcass variables. **Jornal of Animal Science**, v. 36, n.6, p.1069-1076, 1973.
- PRESTON, R.L. Feed composition tables. **Beef Magazine**, v.42, p.50-67, 2006.
- Technical Committee on Responses to Nutrients: Report n°9. **Nutrition Abstracts and Reviews** (Series B) 62, 1993.
- VALADARES FILHO, S.C.; MARCONDES, M.I.; PAULINO, P.V.R., et al. **Exigências nutricionais de zebuínos puros e cruzados – BR CORTE**. 2 ed. Viçosa : UFV, Suprema Gráfica Ltda, 193p, 2010.
- VALADARES FILHO, S.C.; PAULINO, P.V.R.; MAGALHÃES, K.A. **Exigências nutricionais de zebuínos e tabelas de composição de alimentos – BR CORTE**. 1 ed. Viçosa : UFV, Suprema Gráfica Ltda, 142p, 2006.

CAPÍTULO 1

Avaliação e predição da composição química do componente não-carcaça, carcaça e corpo vazio de bovinos $\frac{3}{4}$ Zebu $\times$ $\frac{1}{4}$ Holandês

Resumo - objetivou-se desenvolver equações para estimar a composição química dos componentes não carcaça e avaliar com dados de animais cruzados $\frac{3}{4}$ Zebu $\times$ $\frac{1}{4}$ Holandês, as equações para predição da composição química da carcaça e do corpo vazio propostas pelo BR-Corte (2010) para bovinos. Foram utilizados dados de 130 animais de três experimentos (24 machos castrados (MC), 24 fêmeas e 82 machos não-castrados (MNC)). Nos três experimentos, o procedimento de abate foi o mesmo, onde o trato gastrointestinal foi lavado para determinação do peso de corpo vazio, e todos os componentes do corpo do animal pesados individualmente. A meia carcaça direita foi dissecada completamente, sendo pesadas as quantidades de carne, gordura e ossos. Foram separadas de cada animal uma amostra do componente carcaça e uma amostra do componente não-carcaça para determinação da composição química. Nos machos castrados, fêmeas e 50 dos machos não castrados, foi retirada a seção compreendida entre a 9ª e a 11ª costelas (seção HH) e realizada sua dissecação completa para avaliação das equações para predição da composição química da carcaça e corpo vazio propostos pelo BR-Corte (2010). Foram propostas equações para estimação da composição de extrato etéreo, proteína bruta, matéria mineral, cálcio, fósforo, magnésio, sódio e potássio dos componentes não carcaça; testadas as equações propostas no BR-Corte (2010) para os teores de proteína bruta e extrato etéreo na carcaça e no corpo vazio de bovinos e reajustadas as equações que não estimaram adequadamente os valores observados. As equações propostas pelo BR-Corte (2010) estimaram de forma adequada os teores de EE na carcaça de MC, MNC e fêmeas, e EE no corpo vazio de MC e fêmeas. Conclui-se ser necessário reajustar as equações propostas pelo BR-Corte (2010) para predição da composição da PB da carcaça e do corpo vazio de MC, MNC e fêmeas e do EE do corpo vazio de MNC para animais mestiços de Holandês.

Evaluation and prediction of chemical composition of non-carcass, carcass and empty body components from $\frac{3}{4}$ Zebu x $\frac{1}{4}$ Dutch bovines

Abstract – The objectives were to develop equations to estimate the non-carcass components chemical composition and to evaluate the prediction equations of chemical composition of carcass and empty body from bovines, proposed by BR-Corte (2010). Data from 130 animals in three experiments (24 castrated males – CM; 24 females; and 82 non-castrated males – NCM). Over the three experiments, the slaughter procedure was the same, where the gastrointestinal tract was washed to determine the empty body weight and all components of the animal body were weighed individually. The right half carcass was completely dissected and the weight of flash, fat and bones was measured. A sample from both carcass and non-carcass components were collected to determine the chemical composition. The section between the 9th and 11th ribs (HH section) was removed from all castrated males, all females and from 50 non-castrated males and completely dissected to evaluate the chemical composition prediction equations of carcass and empty body from BR-Corte (2010). Equations to estimate composition of the ethereal extract (EE), crude protein (CP), mineral material, calcium, phosphorus, magnesium, sodium and potassium of non-carcass components were proposed. Also, the BR-Corte (2010) equations to crude protein and ethereal extract contents of carcass and empty body were tested and the ones that did not estimate accordingly the known values were readjusted. The equations from BR-Corte (2010) estimated rightly the EE content in carcass from CM, NCM and females; and the EE content in empty body from CM and females. Thus, the forecast equations of CP in carcass from CM, NCM and female; EE in empty body from NCM; and CP in empty body from CM, NCM and females were readjusted. It is concluded that is necessary to readjust the prediction equations proposed by BR-Corte (2010) of CP of carcass and empty body from CM, NCM and females and also the equations of EE of empty body from NCM for crossbreed Dutch animals.

Introdução

Para quantificar as exigências nutricionais de bovinos é fundamental o conhecimento da composição corporal dos mesmos. A composição da carcaça e do corpo vazio podem ser quantificadas direta ou indiretamente. Diretamente, faz-se necessária a utilização de todas as partes do corpo do animal, tornando os experimentos caros, trabalhosos e demorados. Indiretamente, é possível estimar a composição a partir de características mais facilmente obtidas. Estudos neste sentido têm sido realizados desde antes da década de 80, onde não se faz necessária a utilização de toda a carcaça do animal.

Diversos autores buscaram desenvolver formas de avaliar indiretamente a composição da carcaça (Hankis & Howe, 1946; Powell & Huffman, 1973; Crouse & Diekman, 1974), do corpo vazio (Panaretto & Till, 1963) e usando a combinação de ambas (Hopper, 1944; Kraybill et al., 1952; Clark et al., 1976). Estes autores desenvolveram métodos que utilizaram gravidade específica, água tritiada, isótopos marcados, ultrassom ou a seção das costelas. No Brasil, o método proposto por Hankins & Howe (1946), onde se utiliza a seção que compreende o corte entre a 9ª e a 11ª costelas, foi o mais empregado por décadas.

Dissecando a meia carcaça de animais e avaliando sua composição através da seção compreendida entre a 9ª e a 11ª costelas, Lana (1988), Silva (2001), Paulino et al. (2005) e Marcondes et al. (2009) concluíram que as equações desenvolvidas por Hankis & Howe (1946) não estimaram de forma acurada a composição física e química da carcaça de animais zebuínos.

Valadares et al. (2006), utilizando dados de animais criados em condições brasileiras, propuseram novas equações considerando que os animais encontrados nas criações no Brasil são diferentes dos utilizados em outros países. Posteriormente, Marcondes et al. (2010), utilizando um banco de dados de 369 animais oriundos de trabalhos em condições tropicais, desenvolveram equações para estimar a composição da carcaça e do corpo vazio de animais Nelore e cruzados com raças oriundas de corte. O banco de dados utilizado por esses autores continha pouquíssimos dados de animais oriundos do cruzamento de zebuínos com animais da raça holandesa. Assim torna-se necessário avaliar se as equações descritas no BR-Corte (2010) desenvolvidas para zebuínos puros e cruzados com raça de corte são adequadas para predição da composição corporal de mestiços de zebuínos com holandês.

Além das equações para estimar a composição da carcaça, há também a necessidade de informações sobre a composição do componente não-carcaça que inclui, membros, cabeça, couro, sangue, gordura visceral, órgãos e vísceras.

Portanto, objetivou-se com este trabalho desenvolver equações para prever a composição química dos componentes não-carcaça e avaliar as equações propostas no BR-Corte (2010) para prever a composição química da carcaça e do corpo vazio de animais cruzados Zebu × Holandês.

Material e Métodos

Foi utilizado um banco de dados contendo 130 animais de três experimentos conduzidos no confinamento experimental do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa-MG, contendo 24 machos castrados, 50 machos não castrados e 24 fêmeas cruzados $\frac{3}{4}$ Zebu × $\frac{1}{4}$ Holandês e 32 machos não

Tabela 2 – Descrição dos trabalhos utilizados para compor o banco de dados utilizado para estimar a composição de partes carcaça e não-carcaça.

Referência	Grupo Genético	Sexo ^a	N	PCVZ ^b
Amaral (2011)	Holandês × Zebu	MNC	32	299,08 a 600,31
Prados (2011)	$\frac{3}{4}$ Zebu × $\frac{1}{4}$ Holandês	MNC	50	149,05 a 464,61
Rodrigues (dados ainda não publicados)	$\frac{3}{4}$ Zebu × $\frac{1}{4}$ Holandês	MC	24	226,20 a 401,50
		Fêmeas	24	195,00 a 402,80

^aMC = macho castrado, MNC = macho não-castrado, ^bPCVZ = variação do PCVZ

castrados cruzados Zebu × Holandês (Tabela 1).

Todos os experimentos tiveram o mesmo procedimento de abate, sendo precedido de jejum de sólidos por 16 horas e abate realizado via concussão cerebral e secção da jugular para sangramento total do animal seguido de lavagem do trato gastrointestinal (rúmen, retículo, omaso, abomaso e intestinos delgado e grosso). Foram pesados o coração, pulmões, fígado, baço, rins, gordura interna, diafragma, mesentério, cauda, traquéia, esôfago, aparelho reprodutor, trato gastrointestinal (após lavagem), cabeça, couro, patas, sangue e carcaça para avaliação do peso de corpo vazio (PCVZ). A Gordura visceral foi computada como gordura interna somada à gordura do mesentério.

Após o abate, a carcaça de cada animal foi dividida em duas metades que foram, em seguida, resfriadas em câmara fria a 4°C por aproximadamente 24 horas. Depois de resfriadas, as carcaças foram pesadas e foi retirada a amostra correspondente à 9ª e 11ª costela da carcaça direita, conforme recomendações de Hankins & Howe (1946), para posterior dissecação.

Depois de retirada a seção, a carcaça direita foi completamente dissecada em ossos, músculo e gordura e, logo após, foi feita uma amostra composta do componente carcaça.

Os componentes rúmen, retículo, omaso, abomaso, intestino delgado e grosso, gordura interna, mesentério, fígado, coração, rins, pulmão, língua, baço, diafragma, esôfago, traquéia e aparelho reprodutor foram moídos em triturador industrial, constituindo uma amostra composta e homogênea de órgãos e vísceras; o sangue foi coletado após a sangria total; a cabeça e os pés foram triturados também em triturador industrial; e o couro picado. Estes componentes foram amostrados realizando-se uma composta proporcional ao peso de cada um dos componentes, chamada de amostra não-carcaça.

As amostras de carcaça, não-carcaça e, de músculo, gordura e ossos da seção HH foram liofilizadas por 72 horas para determinação da matéria seca parcial gordurosa (MSG). Posteriormente, estas amostras foram parcialmente desengorduradas através de lavagens sucessivas com éter de petróleo. Após o desengorduramento parcial, as amostras foram moídas em moinho tipo faca para quantificação dos teores de matéria mineral (MM), proteína bruta (PB) e extrato etéreo (EE), sendo a água obtida por diferença. Não foram obtidos dados de MM, PB e EE na seção HH de Amaral (2011) e macrominerais de Amaral (2011) e Prados (2012), pois os mesmos não realizaram essas análises em seus trabalhos.

Foram constituídos modelos para estimar a porcentagem de EE, PB, MM, do componente não-carcaça (EE_{NC} , PB_{NC} , MM_{NC} , respectivamente) com os dados dos três experimentos, e, fósforo, cálcio, magnésio, sódio e potássio (P_{NC} , Ca_{NC} , Mg_{NC} , Na_{NC} , K_{NC} , respectivamente) para MC e Fêmeas, pois não foram obtidos dados de minerais para MNC.

Foi utilizada a técnica stepwise do procedimento GLM do SAS para selecionar as variáveis de maior influência sobre as respostas. Foram construídos modelos lineares, avaliando o efeito de sexo sobre a característica analisada.

Foram também avaliadas as equações propostas pelo BR-Corte (2010) (Tabela 2) para predição da composição da química da carcaça e do corpo vazio de bovinos machos castrados, não castrados e fêmeas utilizando o banco de dados de Prados (2012) e Rodrigues (2014).

Tabela 2. Equações para estimação da composição química da carcaça e do corpo vazio de machos castrados, fêmeas e machos não castrados apresentadas no BR-Corte (2010).

Variável ^a	Equação ^b
Carcaça	
EE _{CC}	$\hat{Y} = 4,31 + 0,31 \times EE_{HH} + 1,37 \times GV$
PB _{CC}	$\hat{Y} = 17,92 + 0,60 \times PB_{HH} - 0,17 \times RC$
PCVZ	
EE _{PCVZ}	
Machos castrados	$\hat{Y} = 1,84 + 0,33 \times EE_{HH} + 1,91 \times GV$
Fêmeas	$\hat{Y} = 4,77 + 0,33 \times EE_{HH} + 1,28 \times GV$
Machos não-castrados	$\hat{Y} = 2,75 + 0,33 \times EE_{HH} + 1,80 \times GV$
PB _{PCVZ}	$\hat{Y} = 10,78 + 0,47 \times PB_{HH} - 0,21 \times GV$

^a EE_{CC} = extrato etéreo na carcaça (%), PB_{CC} = proteína bruta na carcaça (%), EE_{PCVZ} = extrato etéreo no peso de corpo vazio (%), PB_{PCVZ} = proteína bruta no peso de corpo vazio (kg); ^b EE_{HH} = extrato etéreo na seção_{HH} (%), PB_{HH} = proteína bruta na seção_{HH} (%), GV = gordura visceral (%), RC = rendimento de carcaça (%).

Na Tabela 3 são apresentados os dados referentes às variáveis utilizadas para gerar as equações para estimativa da composição química do componente não-carcaça, e na Tabela 4 os dados utilizados para avaliar e reajustar as equações da carcaça e corpo vazio propostas pelo BR-Corte (2010).

A comparação dos valores preditos com os observados foi realizada através da equação:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 \times X,$$

Em que y = valores observados; x = valores preditos; β_0 e β_1 = intercepto e inclinação da regressão, respectivamente.

A hipótese descrita para avaliar a regressão foi:

$$H_0: \beta_0 = 0 \text{ e } \beta_1 = 1$$

Quando a hipótese de nulidade não foi rejeitada ($P > 0,05$), concluiu-se que os valores estimados não diferem dos observados para os teores de extrato etéreo, proteína bruta e material mineral da carcaça e do corpo vazio.

O QMEP (Bibby and Touutenburg, 1997) foi decomposto em viés médio (relacionado à média), viés sistemático (descreve erros na estrutura do modelo) e erro aleatório, de acordo Theil (1961). O fracionamento do QMEP foi calculado de acordo com o software MES (Model EValuation System – [HTTP://nutritionmodels.tamu.edu](http://nutritionmodels.tamu.edu)). Quanto melhor o ajuste do modelo aos dados, maior a proporção do QMEP oriunda de fontes aleatórias. Viés sistemático significa problemas com a estrutura do modelo, que deve ser alterada. Alto viés médio significa problemas com intercepto.

Através do software MES foi estimado o coeficiente de correlação e concordância (CCC), ou índice de reprodutividade (Lin, 1998).

Assim, quando as equações propostas pelo BR-Corte (2010) não estimaram adequadamente os teores de PB ou EE da carcaça ou corpo vazio, essas foram reajustadas utilizando os dados de animais cruzados.

Tabela 3. Descrição das variáveis utilizadas para desenvolver as equações de predição da composição química do componente não-carcaça de bovinos.

Itens ^a	Machos Castrados				Machos Não castrados				Fêmeas			
	Média	DP ^b	Máximo	Mínimo	Média	DP ^b	Máximo	Mínimo	Média	DP ^b	Máximo	Mínimo
PCVZ, kg	315,70	45,81	401,05	246,50	359,60	120,48	600,31	149,05	277,76	52,58	402,80	195,00
PB _{NC} , %	14,06	1,13	16,50	11,78	16,04	3,37	22,08	9,86	14,06	1,35	17,71	12,61
EE _{NC} , %	16,79	3,76	24,82	9,51	15,81	4,97	28,36	8,58	20,02	4,04	27,56	12,37
MM _{NC} , %	3,73	0,90	5,95	2,16	3,00	1,08	6,29	1,33	3,42	0,76	5,58	2,51
P _{NC} , %	0,37	0,07	0,55	0,27	-	-	-	-	0,35	0,07	0,51	0,22
Ca _{NC} , %	1,56	0,26	1,97	1,03	-	-	-	-	1,46	0,32	2,17	0,91
Na _{NC} , %	0,17	0,02	0,22	0,14	-	-	-	-	0,18	0,01	0,21	0,16
Mg _{NC} , %	0,02	0,01	0,03	0,02	-	-	-	-	0,02	0,01	0,03	0,02
K _{NC} , %	0,14	0,01	0,16	0,10					0,15	0,01	0,19	0,13
Peso _{NC} , kg	118,77	14,78	142,37	89,95	132,96	38,18	206,66	56,32	107,39	18,99	152,87	77,52
GV, % NC	13,48	2,90	18,86	9,26	14,26	3,83	22,71	6,20	15,71	2,61	21,35	11,66
OV, % NC	42,13	3,47	46,38	34,58	43,86	3,63	51,11	36,56	44,24	2,55	48,77	40,21
Sangue, % NC	11,40	2,36	18,85	8,66	11,74	1,56	17,64	8,06	10,93	1,26	13,17	8,17

^aPCVZ = peso de corpo vazio, PB_{NC} = proteína bruta no não-carcaça, EE_{NC} = extrato etéreo do componente não-carcaça MM_{NC} = material mineral do não-carcaça, P_{NC} = fósforo do não-carcaça, Ca_{NC} = cálcio do não carcaça, Na_{NC} = sódio do não-carcaça, Mg do não-carcaça, K_{NC} = potássio do não-carcaça, Peso_{NC} = peso do não-carcaça, GV = gordura visceral, OV = órgãos + vísceras; ^bDP = desvio padrão.

Tabela 4. Descrição das variáveis utilizadas para avaliar e reajustar as equações de predição da composição química da carcaça e PCVZ de bovinos.

Itens ^a	Machos Castrados				Machos Não castrados				Fêmeas			
	Média	DP ^b	Máximo	Mínimo	Média	DP ^b	Máximo	Mínimo	Média	DP ^b	Máximo	Mínimo
PB _{PCVZ} , %	14,72	1,11	16,37	12,14	15,29	3,01	18,96	10,49	14,52	0,85	16,08	13,05
EE _{PCVZ} , %	16,98	3,47	24,03	12,39	16,68	3,86	26,43	10,19	19,62	3,83	26,19	13,94
PB _{CC} , %	14,34	1,63	17,26	10,11	15,01	2,78	19,54	10,62	14,17	1,09	16,02	12,42
EE _{CC} , %	17,38	3,83	25,42	11,59	17,01	3,69	25,40	9,82	20,00	4,82	28,69	12,44
PB _{HH} , %	15,61	1,29	18,42	14,07	16,70	1,49	18,70	12,29	16,17	5,44	35,54	8,70
EE _{HH} , %	19,53	5,20	28,99	8,76	20,51	5,29	33,88	11,83	22,44	5,88	34,49	11,90
GV, % PCVZ	5,06	0,97	6,69	3,66	5,59	2,97	16,96	1,39	6,09	1,00	8,27	4,65
RC, %	55,08	2,02	59,94	51,34	55,38	2,55	60,31	49,20	54,22	2,03	57,18	50,36

^a PB_{PCVZ} = proteína bruta no corpo vazio, EE_{PCVZ} = extrato etéreo no corpo vazio, PB_{CC} = proteína bruta na carcaça, EE_{CC} = extrato etéreo na carcaça, PB_{HH} = proteína bruta na seção HH, EE_{HH} = extrato etéreo na seção HH, GV = gordura visceral, RC = rendimento de carcaça.

Resultados e Discussão

Composição Química do Componente Não-Carça

As equações propostas para a composição química do componente não-carça são apresentadas na Tabela 5.

A gordura visceral (GV), em % do peso do componente não-carça foi a única variável preditora para estimar o EE_{NC} , não havendo influência do sexo no intercepto ($P>0,69$). Para machos castrados e fêmeas o coeficiente da GV foi igual ($P>0,85$) (Eq. [1]) e ambos diferiram de machos não-castrados ($P<0,01$) (Eq. [2]).

A GV é aumentada à medida que o animal atinge a maturidade fisiológica, assim, a inclusão dessa variável pode indicar um processo de maturidade do animal, levando a um acréscimo na deposição de EE. O coeficiente maior nos machos castrados e nas fêmeas indica que essas duas classes depositam mais gordura do que machos não-castrados (NRC, 2000), o que é biologicamente lógico, mostrando a influência hormonal na maturidade fisiológica do animal.

Para estimar a PB_{NC} , o peso de corpo vazio (PCVZ) em kg foi a única variável preditora, sendo encontrado efeito de sexo no intercepto sendo igual entre MC e Fêmeas ($P>0,70$) e diferindo para MNC ($P<0,01$). Também houve efeito de sexo no coeficiente do PCVZ, não diferindo entre MC e Fêmeas ($P>0,69$) (Eq. [3]) e ambos diferentes para MNC ($P<0,04$) (Eq. [4]).

Esses valores são reflexos da observação de maior deposição de gordura em Fêmeas e MC, quando comparados a MNC (NRC, 2000). Esse aumento da deposição de gordura leva a uma diminuição da proporção de proteína do componente não-carça.

O teor de MM foi avaliado de forma conjunta, utilizando os dados das três classes (MC, Fêmeas e MNC), não sendo avaliado o efeito de sexo. Foi elaborada uma matriz de correlação e selecionada as variáveis sangue e OV com maior correlação. Pela quação, observa-se que com o aumento da proporção de OV, a concentração mineral tende a diminuir, o que pode ser explicado pelo aumento da gordura com o aumento desse conteúdo, diminuindo a proporção mineral (Eq. [5]).

Para estimar o cálcio nenhuma variável foi sensível, sendo os valores apresentados, portanto, médias. Não houve diferença entre MC e Fêmeas ($P>0,16$) (Eq. [6]).

Assim como o cálcio, nenhuma variável foi sensível para estimar o teor de fósforo, portanto, os valores apresentados são as médias obtidas. Não foi encontrada diferença entre MC e Fêmeas ($P>0,24$) (Eq. [7]).

Tabela 5. Teste de razão da verossimilhança para funções para estimativa da composição química do componente não-carcaça.

Variável ^a	Equação ^b	P-valor			Eq
		Intercepto	Parâmetro 1	Parâmetro 2	
EE _{NC}					
MC e Fêmeas	$\hat{Y} = 0,630 \pm 0,945 + 1,078 \pm 0,066 \times GV$	0,695	0,850	-	[1]
MNC	$\hat{Y} = 0,630 \pm 0,945 + 1,215 \pm 0,070 \times GV$		0,005	-	[2]
PB _{NC}					
MC e Fêmeas	$\hat{Y} = 14,1 \pm 1,7 + 0,00015 \pm 0,006 \times PCVZ$	0,705	0,694	-	[3]
MNC	$\hat{Y} = 22,6 \pm 1,9 - 0,0178 \pm 0,002 \times PCVZ$	0,002	0,035	-	[4]
MM _{NC}					
MC e Fêmeas	$\hat{Y} = 5,41 \pm 2,59 + 0,09 \pm 0,06 \times \text{Sangue} - 0,07 \pm 0,03 \times OV$	-	-	-	[5]
Ca _{NC}					
MC e Fêmeas	$\hat{Y} = 1,494 \pm 0,04$	0,165	-	-	[6]
P _{NC}					
MC e Fêmeas	$\hat{Y} = 0,352 \pm 0,01$	0,245	-	-	[7]
Mg _{NC}					
MC e Fêmeas	$\hat{Y} = 0,027 \pm 0,003 - 0,00002005 \pm 0,000009 \times PCVZ$	0,222	0,233	-	[8]
Na _{NC}					
MC	$\hat{Y} = 0,109 \pm 0,02 + 0,00425 \pm 0,001 \times GV$	0,006	0,029	-	[9]
Fêmeas	$\hat{Y} = 0,173 \pm 0,02 + 0,00066 \pm 0,001 \times GV$				[10]
K _{NC}					
MC e Fêmeas	$\hat{Y} = 0,137 \pm 0,01 - 0,00038 \pm 0,0001 \times \text{Peso}_{NC} + 0,00349 \pm 0,0007 \times GV$	0,814	0,904	0,916	[11]

^a EE_{NC} = extrato etéreo do componente não-carcaça (kg), PB_{NC} = proteína bruta do componente não-carcaça (kg); ^b Peso_{NC} = peso do componente não-carcaça (kg), GV = gordura visceral (% NC), PCVZ = peso de corpo vazio (kg), OV = órgãos e vísceras (% NC)

O PCVZ foi a única variável preditora para estimar o magnésio, não havendo efeito de sexo, MC e fêmeas, para essa variável, tanto para intercepto ($P>0,22$) como para o coeficiente do PCVZ ($P>0,23$) (Eq. [8]).

A concentração de sódio foi predita pela GV, onde houve diferenças entre MC e fêmeas para o intercepto ($P<0,01$) e para o coeficiente da GV ($P<0,03$) (Eqs. [9] e [10]).

Para estimar o potássio, foram selecionadas as variáveis GV e peso do componente não-carcaça (NC). Tanto para o intercepto quanto para o coeficiente da GV e NC ($P>0,81$), ($P>0,91$) e ($P>0,90$), respectivamente) (Eq. [11]).

A GV teve um papel fundamental e determinante em diversas equações, indicando um determinado status metabólico ou concentração de gordura no corpo, como observado por Marcondes et al. (2010).

Avaliação das equações do BR-Corte (2010) para estimar a composição química da carcaça e do corpo vazio

Avaliando a aceitação ou não da hipótese de nulidade pode-se considerar o uso ou não da equação proposta pelo BR-Corte (2010). Utilizando os valores do coeficiente de correlação e concordância (CCC) é possível se ter ideia da acurácia e da precisão do modelo, e observando o quadrado médio do erro de predição (QMEP) considera-se que quanto menor o valor do QMEP, melhor o modelo e através dele se faz uma decomposição do erro.

Composição da Carcaça

O Br-Corte estimou adequadamente o conteúdo de EE na carcaça, tanto de MC, MNC quanto fêmeas, pois não rejeitou a hipótese de nulidade em nenhuma das classes ($P>0,06$, $P>0,08$ e $P>0,44$, para MC, MNC e Fêmeas, respectivamente), apresentando CCC elevado (0,64 em MC, 0,95 em MNC e 0,72 em Fêmeas), alto R e acurácia, e o erro aleatório com maior peso na decomposição do EMP (Tabela 6).

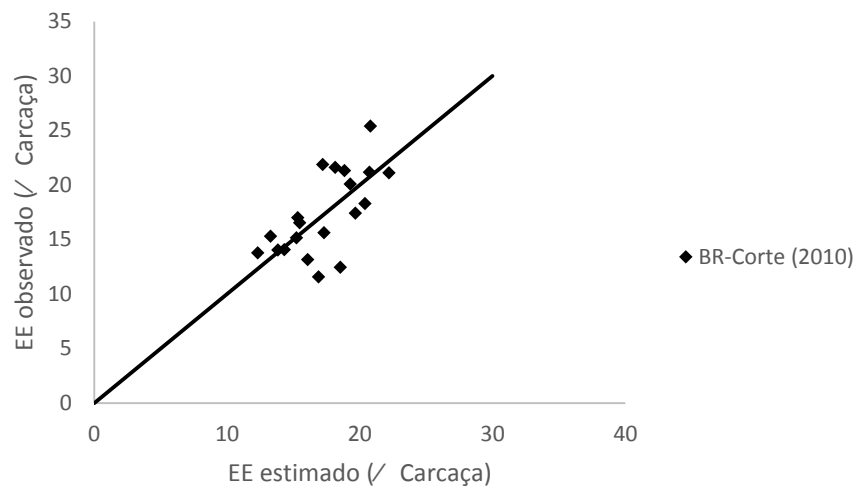
Para a Proteína Bruta, a equação proposta pelo BR-Corte (2010) não estimou adequadamente os teores reais, considerando a rejeição da hipótese de nulidade ($P < 0,01$) tanto para MC, MNC quanto Fêmeas, apresentando baixos valores de R, CCC e acurácia e o erro médio contribuindo com maior peso na decomposição do EMP (Tabela 6).

Na Figura 1, pode-se visualizar o modelo proposto pelo BR-Corte (2010) para estimar o EE na carcaça de MC, MNC e Fêmeas, onde os valores estimados seguem os observados e na Figura 2 a distribuição dos valores estimados pelos observados, onde se observa que a equação proposta pelo BR-Corte (2010) superestima os valores encontrados para PB na carcaça de MC, MNC e Fêmeas.

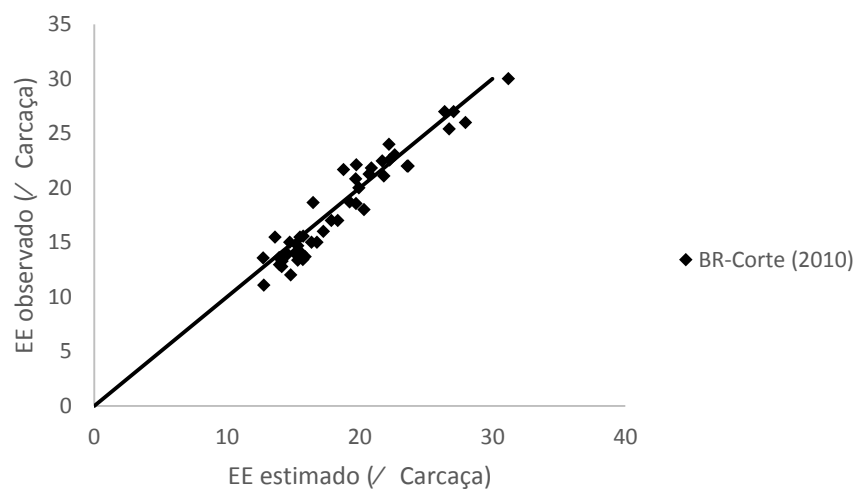
Tabela 6. Médias (kg) e estatísticas da relação entre os valores observados e estimados pelo BR-Corte (2010) para a composição química da carcaça.

Itens	Extrato Etéreo ¹						Proteína Bruta ¹					
	MC		MNC		Fêmeas		MC		MNC		Fêmeas	
	OBS	BR-Corte (2010)	OBS	BR-Corte (2010)	OBS	BR-Corte (2010)	OBS	BR-Corte (2010)	OBS	BR-Corte (2010)	OBS	BR-Corte (2010)
Média	17,38	17,30	18,17	18,67	18,70	18,57	14,52	20,19	14,42	17,97	17,04	18,70
Desvio Padrão	3,83	2,78	4,77	4,47	4,88	3,55	1,54	1,03	0,90	0,98	0,64	1,03
Máximo	25,42	22,20	30,00	31,21	26,85	24,62	17,26	22,95	16,24	20,21	18,41	20,15
Mínimo	11,59	12,33	11,07	12,72	12,19	10,51	10,11	18,79	12,42	14,29	16,21	16,68
R	-	0,43	-	0,92	-	0,55	-	0,09	-	0,04	-	0,17
Valor P ²	-	0,08	-	0,06	-	0,98	-	0,00001	-	0,00001	-	0,00001
Cb ³	-	0,95	-	0,99	-	0,95	-	0,09	-	0,42	-	0,22
CCC ⁴	-	0,64	-	0,95	-	0,72	-	0,027	-	0,09	-	0,09
QMEP ⁵	-	7,97	-	2,05	-	10,22	-	34,53	-	3,77	-	14,87
Erro Médio	-	0,006	-	0,24	-	0,02	-	32,20	-	2,42	-	12,64
Erro Sistemático	-	0,007	-	0,010	-	0,010	-	0,29	-	0,60	-	1,14
Erro Aleatório	-	7,957	-	1,800	-	10,190	-	2,04	-	1,09	-	0,75

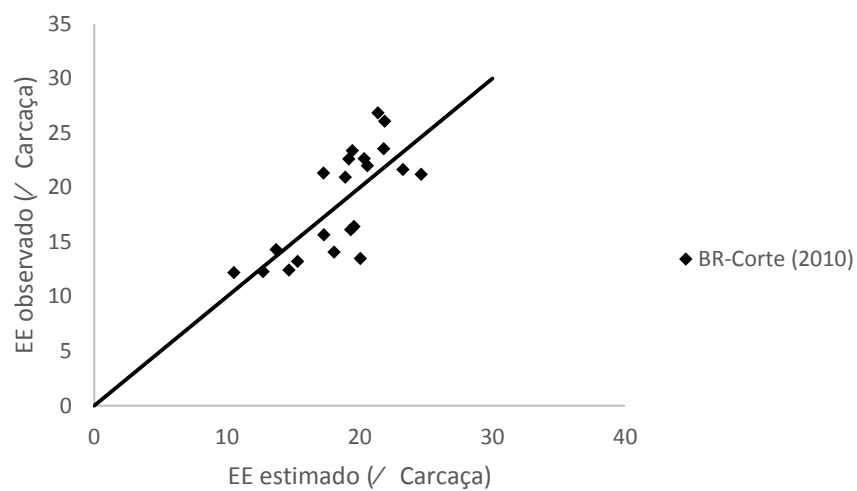
¹OBS = valores observados, MC = machos castrados, MNC = machos não castrados; ²H₀:β₀=0 e β₁=1; ³Cb = acurácia; ⁴CCC = coeficiente de correlação e concordância; ⁵QMEP = quadrado médio do erro de predição.



A

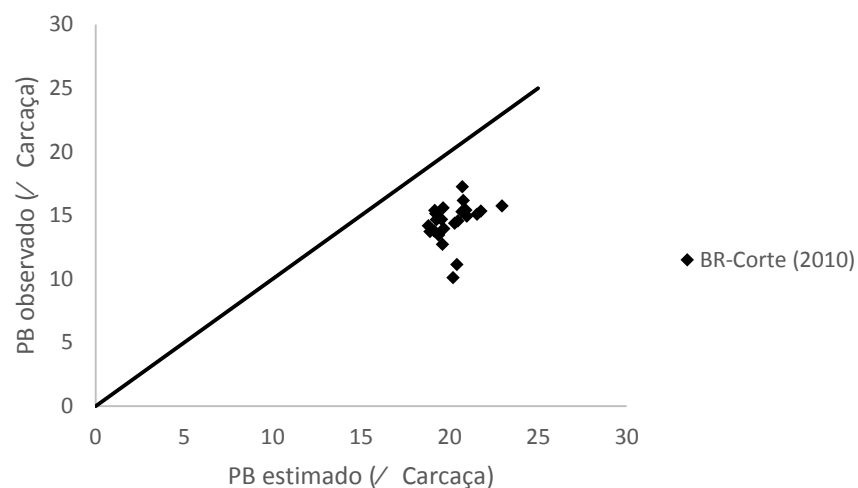


B

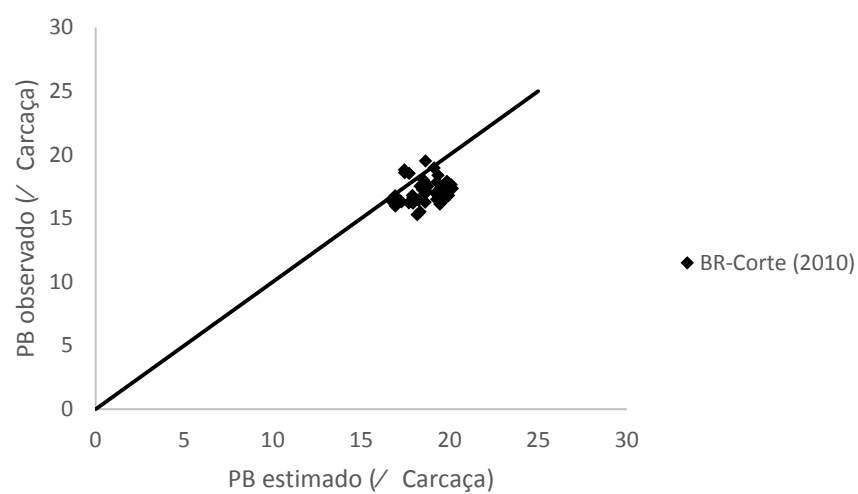


C

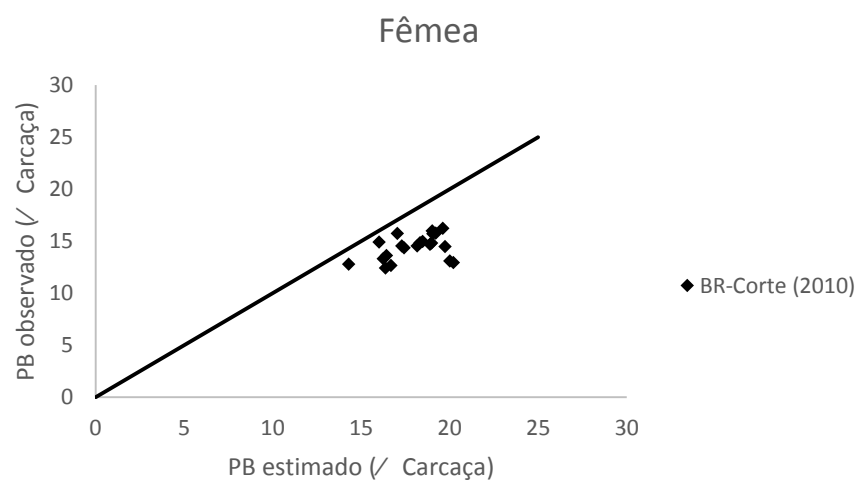
Figura 1 – Relação entre os valores observados e estimados pelas equações propostas pelo BR-Corte (2010) para o extrato etéreo da carcaça de machos castrados (A), machos não-castrados (B) e Fêmeas (C).



A



B



C

Figura 2 – Relação entre os valores observados e estimados pelas equações propostas pelo BR-Corte (2010) para a proteína bruta na carcaça de machos castrados (A), machos não-castrados (B) e Fêmeas (C).

Dessa forma, foram reajustadas as equações do BR-Corte (2010) para estimar o teor de PB na carcaça de MC, MNC e fêmeas utilizando os dados de animais cruzados dos experimentos de Prados (2012) e Rodrigues (2012), agrupando animais castrados, não-castrados e fêmeas.

As equações foram reajustadas utilizando as mesmas variáveis propostas no BR-Corte (2010), alterando apenas o intercepto e os coeficientes (Tabela 7).

As equações para estimativa da PB presente na carcaça de MNC e fêmeas seguiram o modelo do BR-Corte (2010), com o intercepto e o coeficiente da PB_{HH} positivos e o coeficiente do RC negativo, enquanto para MC, o coeficiente gerado foi negativo.

Tabela 7. Equações reajustadas para estimação da composição química da carcaça e do corpo vazio de machos castrados, machos não castrados e fêmeas, utilizando banco de dados de bovinos cruzados Zebu × holandês.

Variável ^a	Equação ^b
Proteína Bruta Carcaça	
MC	$PB_{CC} = -12,96 \pm 6,67 + 0,60 \pm 0,16 \times PB_{HH} + 0,33 \pm 0,11 \times RC$
MNC	$PB_{CC} = 15,55 \pm 5,73 + 0,14 \pm 0,13 \times PB_{HH} - 0,014 \pm 0,08 \times RC$
Fêmea	$PB_{CC} = 29,68 \pm 5,69 + 0,05 \pm 0,04 \times PB_{HH} - 0,30 \pm 0,11 \times RC$
Extrato Etéreo Corpo Vazio	
MNC	$EE_{PCVZ} = 5,31 \pm 1,84 + 0,53 \pm 0,07 \times EE_{HH} - 0,7 \pm 0,10 \times GV$
Proteína Bruta Corpo Vazio	
MC	$PB_{PCVZ} = 12,19 \pm 8,73 - 0,37 \pm 0,45 \times PB_{HH} + 1,46 \pm 0,63 \times GV$
MNC	$PB_{PCVZ} = 16,26 \pm 1,49 + 0,07 \pm 0,09 \times PB_{HH} + 0,04 \pm 0,03 \times GV$
Fêmea	$PB_{PCVZ} = 5,07 \pm 2,65 + 0,13 \pm 0,09 \times PB_{HH} + 1,77 \pm 0,37 \times GV$

^aMC = machos castrados, MNC = machos não castrados; ^b PB_{CC} = proteína bruta na carcaça (%), EE_{PCVZ} = extrato etéreo no peso de corpo vazio (%), PB_{PCVZ} = proteína bruta no peso de corpo vazio (kg), EE_{HH} = extrato etéreo na seção HH (%), PB_{HH} = proteína bruta na seção HH (%), GV = gordura visceral (%), RC = rendimento de carcaça (%).

Composição Química do Corpo Vazio

Para o EE no corpo vazio de MC e fêmeas, as equações propostas pelo BR-Corte (2010) estimaram corretamente os valores, não rejeitando a hipótese de nulidade em ambos ($P > 0,09$ e $P > 0,70$, respectivamente), apresentando elevados valores de R, acurácia e CCC, e baixo QMEP com o erro aleatório representando sua maior parte. Porém, não estimaram corretamente os valores para MNC, rejeitando a hipótese apresentada ($P < 0,01$), onde os valores de R, acurácia e CCC foram baixos e alto valor do QMEP (Tabela 9).

Para a PB, a equação proposta não estimou adequadamente os dados de nenhuma das três classes, rejeitando assim ($P < 0,01$) a hipótese de nulidade, apresentando baixo R e CCC e o erro médio com maior peso na decomposição do QMEP. (Tabela 8).

Na Figura 3 pode-se visualizar o modelo proposto pelo BR-Corte (2010) para estimar o EE no corpo vazio de MC, MNC e fêmeas, onde os valores estimados para MC e fêmeas seguiram os observados, enquanto para MNC a equação superestimou os dados observados. Na Figura 4 se observa a distribuição dos valores estimados pelos observados, onde a equação proposta pelo BR-Corte (2010) superestima os valores reais para PB no corpo vazio de MC, MNC e Fêmeas.

Assim como para composição da carcaça, as equações propostas pelo BR-Corte (2010) para estimar a composição do corpo vazio que não estimaram adequadamente os valores observados foram reajustadas (Tabela 7).

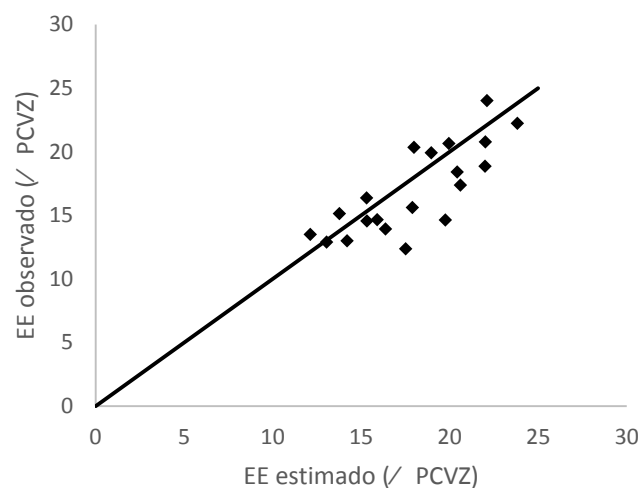
Para o EE de MNC, o coeficiente da GV foi negativo, mostrando que em machos cruzados não castrados o extrato etéreo foi correlacionado negativamente com o teor de gordura visceral.

A PB no corpo vazio de MC e fêmeas foi correlacionada negativamente e para MNC positivamente com o teor de PB_{HH} . As três classes correlacionaram-se positivamente com o teor de GV.

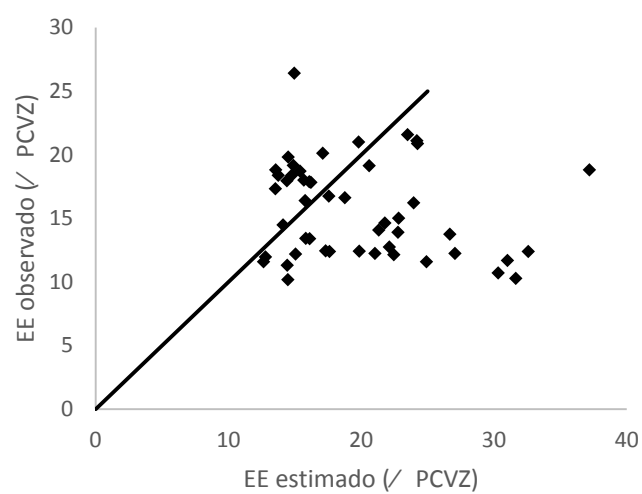
Tabela 8. Médias (kg) e estatísticas da relação entre os valores observados e estimados pelo BR-Corte (2010) para a composição química do corpo vazio.

Itens	Extrato Etéreo ¹						Proteína Bruta ¹					
	MC		MNC		Fêmeas		MC		MNC		Fêmeas	
	OBS	BR-Corte (2010)	OBS	BR-Corte (2010)	OBS	BR-Corte (2010)	OBS	BR-Corte (2010)	OBS	BR-Corte (2010)	OBS	BR-Corte (2010)
Média	16,98	17,95	15,73	19,67	19,44	19,97	14,72	17,06	17,72	17,58	14,48	17,09
Desvio Padrão	3,47	3,37	3,74	5,93	3,63	2,58	1,11	0,69	0,70	0,73	2,85	2,52
Máximo	24,03	23,82	26,43	37,18	25,83	25,13	16,37	18,61	18,96	18,94	16,08	26,03
Mínimo	12,39	12,12	10,19	12,64	13,94	14,92	12,14	16,15	16,32	16,11	13,05	13,68
R	-	0,63	-	0,05	-	0,49	-	0,14	-	0,01	-	0,07
Valor P ²	-	0,09	-	0,00001	-	0,70	-	0,00001	-	0,00001	-	0,00001
Cb ³	-	0,96	-	0,69	-	0,93	-	0,21	-	0,98	-	0,45
CCC ⁴	-	0,77	-	-0,16	-	0,66	-	0,08	-	-0,08	-	-0,12
QMEP ⁵	-	5,54	-	73,56	-	6,67	-	6,51	-	1,10	-	38,36
Erro Médio	-	0,95	-	15,52	-	0,28	-	5,43	-	0,02	-	18,47
Erro Sistemático	-	0,37	-	25,34	-	0,01	-	0,07	-	0,44	-	2,40
Erro Aleatório	-	4,22	-	32,7	-	6,38	-	1,01	-	0,64	-	17,49

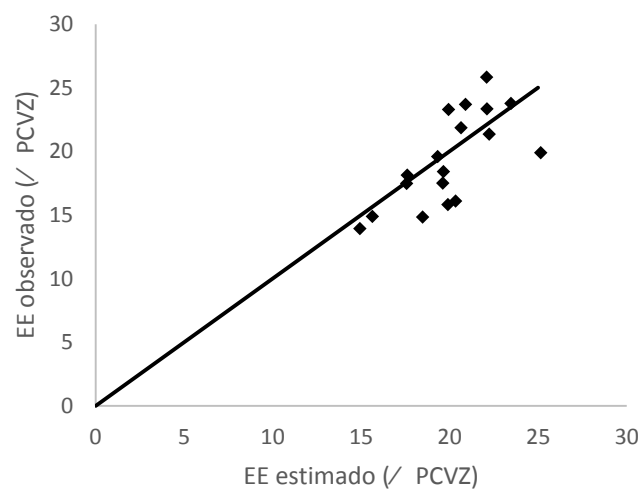
¹OBS = valores observados, MC = machos castrados, MNC = machos não castrados; ²H₀:β₀=0 e β₁=1; ³Cb = acurácia; ⁴CCC = coeficiente de correlação e concordância; ⁵QMEP = quadrado médio do erro de predição.



A

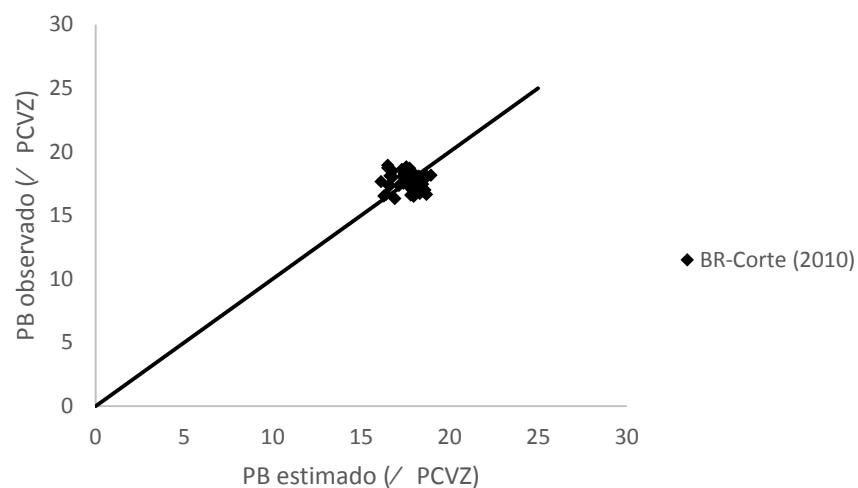


B

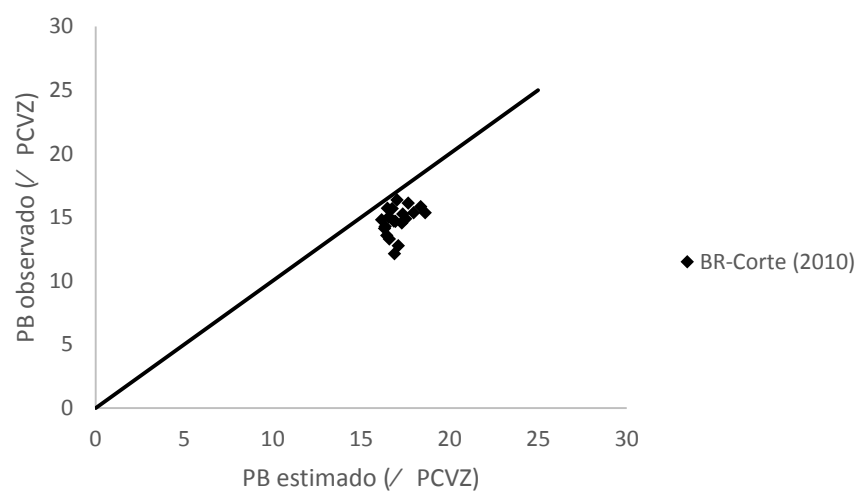


C

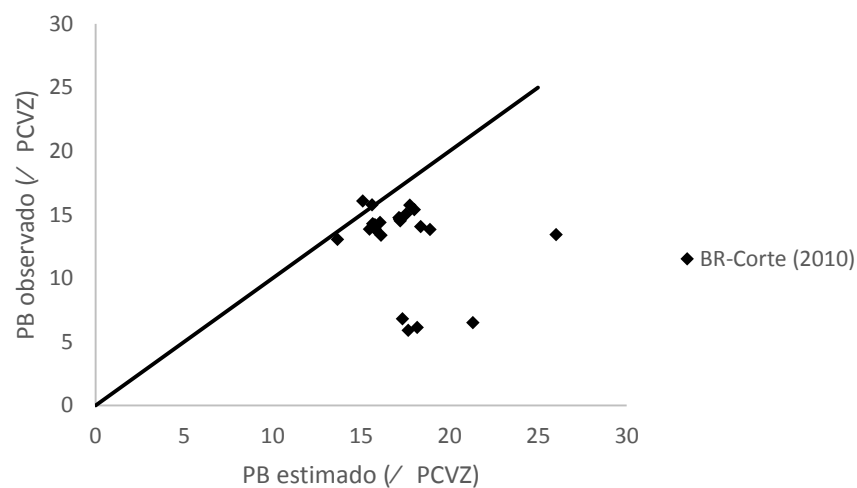
Figura 3 – Relação entre os valores observados e estimados pelas equações propostas pelo BR-Corte (2010) para o extrato etéreo do corpo vazio em machos castrados (A), machos não-castrados (B) e Fêmeas (C).



A



B



C

Figura 3 – Relação entre os valores observados e estimados pelas equações propostas pelo BR-Corte (2010) para a proteína bruta do corpo vazio em machos castrados (A), machos não-castrados (B) e fêmeas (C).

Conclusões

A estimação da composição do componente não carcaça pode ser recomendada, por reduzir o trabalho e os custos das análises, possibilitando obter a composição do corpo vazio pela soma dos componentes da carcaça com os componentes não carcaça.

Para estimar a composição da proteína bruta da carcaça e do corpo vazio de MC, MNC e fêmeas e extrato etéreo do corpo vazio de MNC sugere-se a utilização das equações reajustadas propostas neste trabalho, visto que as equações propostas pelo BR-Corte (2010) não estimaram esses componentes adequadamente.

Referências Bibliográficas

- AKAIKE, H. A new look at the statistical model identification. **IEEE transactions on Automatic Control**, v.AC-19, n.6, p.716-723, 1974.
- BIBBY, J.; TOUTENBURG, H. **Prediction and improved estimation in linear models**. Berlin, Germany: John Wiley & Sons, p.188, 1977.
- CLARK, J. L.; HEDRICK, H. B.; THOMPSON, G. B. Determination of body composition of steers by ^{40}K . **Journal of Animal Science**. v.42, n.2, p.352-356, 1976.
- CROUSE, J. D.; DIKEMAN, M. E. Methods of estimating beef carcass chemical composition. **Journal of Animal Science**, v. 38, n.6, p.1190-1196, 1974.
- DETMANN, E. & VALADARES FILHO, S.C. 2010. On the estimation of non-fibrous carbohydrates in feeds and diets. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.62, p.980-984.
- DETMANN, E.; SOUZA, M. A.; VALADARES FILHO, S. C. et al. **Métodos para Análise de Alimentos**. p.214, 2012.
- HANKINS, O. G.; HOWE, P. E. Estimation of the composition of beef carcasses and cuts. [T.B.]: United States Department of Agriculture, p.1-19, 1946. (**Technical Bulletin** - USDA, 926).
- KOBAYASHI, K. SALAM, M. U. Comparing simulated and measured values using mean squared deviation and its componentes. **Agronomy jornal**, v. 92, p.245-352, 2000.
- KRAYBILL, H. F.; BITTER, H.L.; HANKINS, O. G. Body composition of cattle. I. Estimation of body fat from measurement in vivo of body water by use of antipyrine. **Journal of Applied Physiology**. V.4, n.7, p.575-583, 1952.
- LANNA, D. P.D. **Estimativa da composição química do corpo vazio de taurinos Nelore através da gravidade específica da carcaça e da composição de cortes das costelas**. 1988. 131p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1988.

- LIN, L.; TORBECK, L. D. Coefficient of accuracy and concordance correlation coefficient: New statistics for methods comparison. **PDA Journal of Pharmaceutical Science and Technology**, v.52, n.2, p.55-59, 1998.
- MARCONDES, M. I.; VALADARES FILHO, S. C.; PAULINO, P. V. R., et al. Predição da composição corporal e da carcaça a partir da seção entre a 9-11^a costelas em bovinos Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.8, p.1597-1604, 2009.
- MARCONDES, M.I.; TEDESCHI, L.O.; VALADARES FILHO, S.C.; CHIZZOTTI, M.L. Prediction of physical and chemical body composition by 9-10-11th rib cut. **Journal of Animal Science**, 2010.
- MOTULSKY, H.; CHRISTOPOULOS, A. **Fitting Models to Biological Data using Linear and Nonlinear Regression**. San Diego, CA:GraphPad Software Inc., 2003
- PANARETTO, B. A., TILL, A. R. Body composition in vivo. II. The composition of mature goats and its relationship to the antiprime, tritiated water, and N-acetyl-4-aminoantipyrine spaces. **Australian Journal of Agricultural Research**. v.14, p.926-943, 1963.
- PAULINO, P. V. R.; VALADARES FILHO, S. C.; COSTA, M. A. L. et al. Validation of the 9-11th rib cut to estimate the chemical composition of the dressed carcass and of the whole empty body of Zebu cattle. **Livestock Production Science**, v.93, n.3, p. 245-253, 2005b.
- POWELL, W. E.; HUFFMAN, D. L. Predicting chemical composition of beef carcass from easily obtainable carcass variables. **Journal of Animal Science**, v. 36, n.6, p.1069-1076, 1973.
- PRADOS, L. F. **Desempenho e exigências nutricionais de bovinos alimentados com dietas contendo diferentes níveis de cálcio e fósforo**. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2012.
- SILVA, F. F. **Desempenho, características de carcaça, composição corporal e exigências nutricionais (de energia, proteína, aminoácidos e macrominerais) de novilhos Nelore, nas fases de recria e engorda, recebendo diferentes níveis de concentrado e proteína**. (Dissertação) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2001.
- TEDESCHI, L. O. Assessment of the adequacy of mathematical models. **Agricultural Systems**, v.89, p.225-247, 2006.

THEIL, H. Economic forecasts and policy. In: STROTZ, R.; TINBERGEN, J.; VERDOORN, P.J., et al.(Ed). **Contributions to Economic Analysis**.2nd.ed. Amsterdam: North-Holland Publishing Company, p. 6-48, 1961.

VALADARES FILHO, S.C.; MARCONDES, M.I.; PAULINO, P.V.R., et al. **Exigências nutricionais de zebuínos puros e cruzados – BR CORTE**. 2 ed. Viçosa : UFV, Suprema Gráfica Ltda, 193p, 2010

VALADARES FILHO, S.C.; PAULINO, P.V.R.; MAGALHÃES, K.A. **Exigências nutricionais de zebuínos e tabelas de composição de alimentos – BR CORTE**. 1 ed. Viçosa : UFV, Suprema Gráfica Ltda, 142p, 2006.

CAPÍTULO 2

Turnover protéico em novilhos e novilhas $\frac{3}{4}$ Zebu $\times$ $\frac{1}{4}$ Holandês, em diferentes períodos de crescimento

Resumo - Objetivou-se avaliar a degradação e a síntese proteica muscular de bovinos machos castrados e fêmeas, utilizando a excreção urinária de 3-metil-histidina (3MH). Foram utilizados 40 bovinos cruzados $\frac{3}{4}$ Zebu $\times$ $\frac{1}{4}$ Holandês, sendo 20 machos castrados e 20 fêmeas, com idade média de 12 meses e peso médio aproximado inicial de 299 kg para os machos e 267 kg para as fêmeas. Os animais foram distribuídos em delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 4 x 2, sendo duas condições sexuais (machos castrados e fêmeas) e quatro períodos de confinamento (30, 60, 90 e 120 dias). Oito animais (quatro de cada sexo) foram abatidos ao início do experimento para determinação da massa e proteína muscular inicial e quatro animais de cada sexo ao final de cada período de confinamento para determinação da massa e proteína muscular. A dieta foi constituída de 45% de volumoso e continha 116,35 g de proteína bruta/kg MS. Para avaliar a degradação protéica foi utilizada a excreção urinária de 3-metil-histidina. A coleta total de urina, com duração de três dias, foi realizada em cada animal cinco dias antes do seu abate, sendo elaborada uma amostra composta de urina por animal. A concentração de 3-metil-histidina em $\mu\text{mol}/\text{mmol}$ de creatinina na urina não diferiu entre machos e fêmeas ($P>0,44$) e entre períodos de confinamento ($P>0,45$). A taxa fracional de degradação foi menor nos machos que nas fêmeas ($P<0,01$) e maior para os animais abatidos aos 60, 90 e 120 em comparação aos abatidos com 30 dias de confinamento ($P<0,01$), não havendo interação entre sexo e período de confinamento ($P>0,38$). Para a taxa fracional de síntese não houve interação entre sexo e período de confinamento ($P>0,31$) e efeito de sexo ($P>0,10$), mas foi observado efeito de período de confinamento ($P<0,01$) que foi menor para os animais abatidos aos 30 dias em comparação aos demais. A taxa fracional de acréscimo não apresentou interação entre sexo e período de confinamento ($P>0,34$), sendo maior nos machos ($P<0,03$) e diferente entre os períodos de confinamento ($P<0,01$), sendo maior para os animais abatidos aos 120 dias, seguidos dos 90 dias e posteriormente dos 30 e 60 dias de confinamento. Conclui-se que a taxa de degradação é maior nas fêmeas e a taxa de acréscimo é maior nos machos castrados não havendo diferença entre os sexos para a taxa de síntese proteica, que foi aumentada com os dias de confinamento.

Protein turnover in steers and heifers $\frac{3}{4}$ Zebu x $\frac{1}{4}$ Dutch, in different stages of growth

Abstract – The objective was to evaluate the protein synthesis and degradation from castrated males and females, using 3MH. 20 castrated males and 20 females were used. They were with an average age of 12 months and average initial weight of 299 kg for males and 266,7 kg for females. The animals were separated in four groups with eight animals each group (four females and four males) to be slaughtered at 30, 60, 90 and 120 days of confining. The animals were separated in a completely randomized design, in 4 x2 factorial scheme, being two gender condition (castrated males and females) and four confining periods (30, 60, 90 and 120 days). Eight animals (four of each gender) were slaughtered at the beginning of the experiment to determine the initial muscle protein and mass; and four animals of each gender were slaughtered at the end of each period of confining to determine muscle protein and mass. The diet consisted of 45% forage and contained 116.35 g of crude protein / kgDM. To assess protein degradation was performed total collection of urine for three days in all animals slaughtered at the end of each period of confinement for analysis of excretion of 3-methyl-histidine. The urine collection was performed five days before each slaughter. The concentration of 3-methylhistidine in mmol / mmol of creatinine in urine did not differ between males and females ($P < 0.44$) and between periods of confining ($P > 0.45$). The fractional degradation rate was lower in males than in females ($P < 0.01$) and higher for animals slaughtered at 60, 90 and 120 compared to the slaughter with 30 days of confinement ($P < 0.01$), with no interaction between sex and period of confining ($P > 0.38$). For the fractional synthesis rate there was no interaction between sex and period of confining ($P > 0.31$) and sex effect ($P > 0.10$), but the effect of confinement period ($P < 0,0,1$) was observed, which was lower for animals slaughtered at 30 days compared to the others. The fractional rate of increase showed no interaction between sex and period of confining ($P > 0.34$), being higher in males ($P < 0.03$) and between different periods of confining ($P < 0.01$), being higher for animals slaughtered at 120 days, followed by 90, 30 and 60 days of confining. It is concluded that the degradation rate is higher in females and the rate of increase is higher in castrated males with no difference between genders for the rate of protein synthesis, which was increased with days on feed.

Introdução

Na atual situação de mercado, é necessário visar maior produtividade, aliando melhores ganhos com menores custos e impactos ambientais. A maioria dos programas genéticos tem pontuado alguns fatores importantes na produção de gado de corte, entre estes o ganho de peso, a precocidade sexual e as características de carcaça.

Segundo Herd et al. (1991), pode-se conseguir maiores acréscimos de proteína e eficiência de ganho com seleção genética para estas características, talvez por uma menor exigência de manutenção ou maior eficiência de ganho. A maior eficiência de ganho e acréscimo de proteína muscular está diretamente ligada às taxas de degradação e síntese desta proteína. A descrição de ambos os processos é essencial para a otimização da eficiência econômica e biológica da produção da proteína da carne.

O principal mecanismo para a hipertrofia muscular pós-natal é o acréscimo de proteína. A maior parte da proteína presente no corpo do animal está presente no músculo esquelético, que também funciona como reserva de proteína para o metabolismo do corpo (Daniel et al., 1977).

A maioria dos resultados observados com bovinos é proveniente de raças britânicas e poucas pesquisas têm sido realizadas com animais *Bos indicus* e seus cruzamentos. Em geral as raças zebuínas, segundo o NRC (1996), possuem maturidade tardia e menores requerimentos de energia de manutenção comparados aos *Bos taurus*. Chizzotti et al. (2008) sugeriram que a menor energia requerida pode ser parcialmente explicada pelas menores taxas de turnover proteico. Dessa forma é necessário avaliar o metabolismo da proteína muscular sob diversas condições fisiológicas.

O presente estudo foi conduzido, utilizando a excreção de 3-metil-histidina (3MH) para estudar a síntese e degradação proteica muscular em machos e fêmeas cruzados, em diferentes fases de desenvolvimento.

Material e Métodos

Animais

Foram utilizados 20 machos castrados e 20 fêmeas $\frac{3}{4}$ Zebu $\times$ $\frac{1}{4}$ Holandês com idade média de 12 meses e peso médio aproximado inicial de 299 kg para os machos e 267 kg para as fêmeas. Os animais foram confinados e alimentados com dieta de mesma composição, constituída de 45% de volumoso na base da matéria seca (MS) e 55% de concentrado. O volumoso foi constituído por 75% de silagem de milho e 25% de cana-de-açúcar e o concentrado formulado à base de fubá de milho, farelo de soja, casca de soja, uréia/sulfato de amônio, calcário, sal comum e mistura micromineral (Tabela 1).

Tabela 1. Proporções dos alimentos no concentrado e na dieta e a composição dos concentrados e das dietas na base da matéria seca.

Ingredientes	Concentrado	Dieta
	Proporção (g/kg MS)	
Silagem de Milho	-	337,5
Cana-de-açúcar	-	112,5
Fubá de Milho	360,7	198,4
Farelo de Soja	60,0	33,0
Casca de soja	545,4	300,0
Calcário	7,27	4,0
Sal Comum	8,00	4,4
Uréia / Sulfato de Amônio	18,2	10,0
	Composição química (g/kg MS)	
Matéria Seca	891,4	635,4
Matéria Orgânica	971,6	968,9
Proteína Bruta	169,5	116,4
Extrato Etéreo	26,1	20,1
Fibra em Detergente Neutro ¹	382,3	447,7
Carboidratos não Fibrosos	421,0	400,0

¹corrigida para cinzas e proteína.

Os alimentos foram fornecidos duas vezes ao dia (todo o volumoso e metade do concentrado na parte da manhã e o restante do concentrado na parte da tarde) sendo o fornecimento ajustado diariamente de forma a manter as sobras em torno de 5 a 10% do fornecido, com água permanentemente à disposição dos animais. A quantidade de ração oferecida foi registrada diariamente, assim como foram coletadas as amostras da silagem de milho, da cana-de-açúcar e das sobras de cada animal, sendo posteriormente congeladas. As amostras foram agrupadas, de forma proporcional, a cada período de sete dias, constituindo-se em amostras compostas, as quais foram parcialmente secas em estufa com ventilação forçada a 55°C por 72 horas, e moídas em moinho de faca com peneira de crivo de 1 mm. Foi elaborada a amostra composta das sobras e da silagem de milho e da cana de açúcar para cada período de 28 dias de forma proporcional à matéria seca ao ar das sobras e da silagem de milho de cada semana.

Os animais foram divididos em quatro grupos de oito animais cada um para serem abatidos aos 30, 60, 90 e 120 dias de confinamento. Oito animais (quatro machos e quatro fêmeas) foram abatidos ao início do experimento para quantificação da massa e proteína muscular inicial e quatro animais de cada sexo ao final de cada período de confinamento para avaliação também da massa e proteína muscular.

Coleta de urina

Os animais permaneceram coletivamente em grupo de quatro, sendo a alimentação fornecida no sistema callan-gate e foram transferidos para as baias individuais 30 dias antes do respectivo abate, com água à vontade. A coleta total de urina, com duração de três dias, foi realizada em cada animal cinco dias antes do seu abate. No período de coleta, a alimentação continuou sendo fornecida ad libitum. A urina foi coletada nos machos com uso de funis coletores, fixados por alças elásticas no dorso dos animais, dotados de mangueiras as quais conduziam a urina a recipientes plásticos de polietileno que foram mantidos em caixas de isopor com gelo; enquanto nas fêmeas utilizou-se sonda de Folley número 26, sendo a urina armazenada e conservada da mesma forma descrita para os machos. A cada período de 24 horas, a urina foi pesada e o volume urinário medido, sendo retirada uma amostra proporcional ao volume urinário do dia e divididas em 2 recipientes, um para análise de 3-metil-hostidina e outro para análise de creatinina, este processo foi repetido durante os três dias de coleta, resultando numa amostra composta no período de 72 horas. Durante a elaboração de cada amostra, a urina

foi filtrada através de duas camadas de gaze. As amostras de urina foram armazenadas a -20° C até serem analisadas.

Análises

A 3-metil-histidina foi analisada segundo método descrito por Jones (1990) e a creatinina no equipamneto Chemistry Analyzer Mindray BS 200.

Cálculos

O metabolismo da proteína muscular foi avaliado através da mensuração da taxa de degradação da proteína miofibrilar (FDR), da taxa fracional de síntese (FSR) e taxa fracional de acréscimo (FAR) (Harris & Milne, 1981; Castro Bulle et al., 2007; Gomes et al., 2013).

A FDR da proteína miofibrilar foi calculada a partir da excreção total de 3MH, assumindo que a concentração de 3MH no músculo esquelético é de 3,5106 µmol/g de proteína no músculo (Nishizawa et al., 1979). O teor de proteína muscular foi determinado pela análise de proteína segundo método INCT-CA N001/1, conforme descrito por Detmann et al. (2012).

$$FDR, \% / d = \frac{([3MH]_{urina}, \mu mol / dia)}{massa\ muscular, kg \times prote\acute{ina}\ no\ m\acute{usculo}, g / kg \times 3,5106\ \mu mol / g\ prote\acute{ina}\ muscular} \times 100$$

O teor de proteína no músculo esquelético foi em média de 18%, muito próximo ao valor utilizado em estudos anteriores (Castro Bulle et al., 2007; Gomes et al., 2013).

O ganho de proteína muscular (GPM) foi calculado pela diferença entre o conteúdo de proteína muscular esquelética final e inicial dividido pelo número de dias que o animal ficou em experimento. A FAR foi calculada pela divisão do GMP pela média de proteína muscular no período do experimento. A FSR foi calculada pela soma da FDR e FAR.

GMP g/dia

$$= \frac{massa\ muscular\ final, kg \times prote\acute{ina}\ no\ m\acute{usculo}, g - massa\ muscular\ inicial, kg \times prote\acute{ina}\ no\ m\acute{usculo}, g}{dias\ de\ experimento}$$

$$FAR, \% / dia = \frac{GMP, g / d}{Prote\acute{ina}\ muscular\ m\acute{e}dia, g} \times 100$$

$$FSR, \%/dia = FSR + FAR$$

A degradação da proteína muscular em g/dia foi estimada através da relação descrita por Jones (1990):

$$DPMUS = \frac{EUTM}{[3MHmúsculo]}$$

em que: DPMUS = degradação diária de proteína muscular (g/dia); EUTM = excreção urinária de 3-metil-histidina ($\mu\text{mol}/\text{dia}$); e $[3MHmúsculo]$ = concentração de 3-metil-histidina no tecido muscular ($3,5106 \mu\text{mol}/\text{g}$).

A estimação da degradação de proteína muscular relativa à quantidade de músculo presente na carcaça foi realizada utilizando-se a equação:

$$DPMUSR = \frac{DPMUS}{Mcarcaça}$$

em que: DPMUSR = degradação diária de proteína muscular relativa à quantidade de músculo presente na carcaça (g/kg); e Mcarcaça = massa do músculo presente na carcaça (kg).

Análises estatísticas

Para análises dos dados foi utilizado o programa GLM do SAS, avaliando os efeitos de sexo e tempo e a interação entre eles. O teste de Tukey foi aplicado aos dias de confinamento para detectar diferenças à 5% de probabilidade.

Resultados

Como pode ser visto na Tabela 2, a proteína muscular inicial foi maior para machos que para fêmeas ($P < 0,02$), não havendo interação entre sexo e período de confinamento ($P > 0,87$), e não foi encontrada diferença entre os quatro tempos de confinamento ($P > 0,05$).

Não houve interação significativa entre sexo e período de confinamento ($P > 0,68$), mas o ganho de proteína foi maior nos machos que nas fêmeas ($P < 0,01$) e houve diferença entre os períodos de confinamento ($P < 0,01$), maior aos 120 dias comparado aos 30 dias.

Tabela 2. Metabolismo da proteína muscular em novilhos e novilhas cruzadas $\frac{3}{4}$ Zebu $\times$ $\frac{1}{4}$ Holandês.

Item ^a	Sexo		Período de confinamento				Valor-P		
	Macho	Fêmea	30	60	90	120	S ^b	T ^c	S $\times$ T ^d
PCJ, kg	368,09	317,96	299,75 b	338,60 b	335,13 b	399,23 a	0,0002	<0,0001	0,5126
PCVZ, kg	329,87	288,25	261,44 c	303,23 b	308,25 b	363,33 a	0,0003	<0,0001	0,3690
Proteína no musculo inicial, kg	22,82	20,50	20,81 a	22,54 a	20,00 a	23,27 a	0,0111	0,0509	0,8779
Proteína no musculo final, kg	27,03	23,53	21,84 b	24,99 b	24,12 b	30,16 a	0,0020	<0,0001	0,7085
Ganho de proteína muscular, g/d	51,86	37,29	34,37 b	40,75 b	45,77 ab	57,41 a	0,0005	0,0013	0,6895
Concentração de 3MH na urina, μ mol/mmol creatinina	10,75	11,06	9,88 a	11,00 a	11,50 a	11,25 a	0,4497	0,452	0,2471
Taxa fracional de degradação (FDR), %/d	0,82	0,90	0,77 b	0,87 ab	0,92 a	0,89 a	0,0089	0,0090	0,3856
Taxa fracional de síntese (FSR), %/d	1,00	1,05	0,89 b	1,00 ab	1,10 a	1,12 a	0,1030	0,0003	0,3179
Taxa fracional de acréscimo (FAR), %/d	0,18	0,15	0,12 c	0,13 c	0,18 b	0,23 a	0,0321	<0,0001	0,3498
FSR:FDR	1,22	1,17	1,17 b	1,15 b	1,20 b	1,26 a	0,0014	<0,001	0,4595
DPMUS	153,53	193,12	160,74	170,59	176,81	185,17	0,0017	0,4812	0,6027
DPMUSR	1,50	1,60	1,57	1,65	1,46	1,53	0,0956	0,2499	0,2889

^aDPMUS = degradação de proteína muscular absoluta (g/dia); DPMUSR = degradação de proteína muscular relativa (g/kg de músculo), ^bS = sexo,

^cT= tempo, ^dS $\times$ T = sexo $\times$ tempo.

Não houve interação entre sexo e período de confinamento ($P>0,51$), mas houve efeito de sexo ($P<0,01$) e período de confinamento ($P<0,01$) para a excreção urinária de 3MH/dia, sendo essa maior nos machos que nas fêmeas, e maior aos 120 dias que aos demais. A mudança na excreção de 3MH segue a curva de crescimento dos animais, refletindo o conteúdo de 3MH no músculo. A comparação da excreção urinária de 3MH em bovinos é apresentada em diferentes estudos conforme pode ser visto na Figura 1.

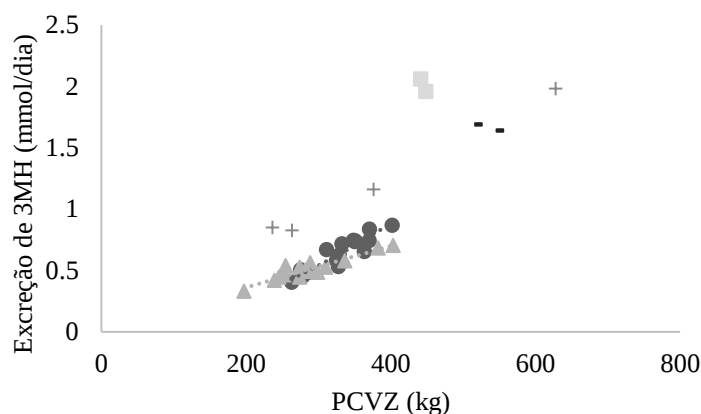


Figura 1. Excreção urinária de 3-metil-histidina em bovinos. + = Valores de novilhos por Harris and Milne (1981a). ◻ = valores de novilhos por Gomes et al. (2013). - = Valores de novilhos por Castro Bulle et al. (2007). ○ = valores de novilhos e ▲ = valores de novilhas pelo presente estudo.

A taxa fracional de degradação (FDR) diferiu entre machos e fêmeas ($P<0,01$), maior nas fêmeas que nos machos, e diferiu também entre os períodos de confinamento ($P<0,01$), maior aos 90 e 120 dias em relação aos 30 dias, não ocorrendo interação entre ambos ($P>0,51$).

A taxa fracional de síntese (FSR) não diferiu entre machos e fêmeas ($P>0,10$), mas diferiu entre os períodos de confinamento ($P<0,01$), sendo maior aos 90 e 120 dias em relação aos 30 dias, não havendo interação significativa entre sexo e períodos de confinamento ($P>0,31$). A taxa fracional de acréscimo (FAR) foi maior nos machos que nas fêmeas ($P<0,04$) aumentando dos 30 aos 120 dias de confinamento ($P<0,01$) não sendo significativa a interação entre sexo e tempo ($P>0,34$).

A degradação de proteína muscular absoluta (DPMUS) foi maior nas fêmeas ($P<0,01$) e não alterou com o período de confinamento ($P>0,48$). Não houve interação entre sexo e período de confinamento ($P<0,60$).

Quando avaliada a degradação da proteína muscular relativa à quantidade de massa muscular, não houve diferença entre sexos ($P>0,09$) e períodos de confinamento ($P>0,24$) nem interação entre eles ($P>0,28$).

Discussão

Quando avaliados os períodos de confinamento, o acréscimo de proteína muscular foi maior aos 120 dias, seguido dos 90 dias e dos 60 e 30 dias, mostrando maior deposição na segunda metade do experimento, junto com o aumento de peso do animal. A FDR e FSR foram diferentes aos 30 dias, sendo inferiores aos 90 e 120 dias. A menor FDR, FSR e FAR na primeira metade do experimento pode ser explicada pelo estado fisiológico dos animais, que iniciaram o experimento ainda na fase de crescimento, onde o tecido ósseo ainda se encontrava em desenvolvimento e provavelmente havia menor deposição muscular e de lipídios.

As taxas de degradação da proteína muscular, de síntese e acréscimo encontradas no experimento foram menores que as encontradas em alguns trabalhos na literatura. Castro Bulle et al. (2007), utilizando novilhos Angus × Hereford com média de 16 meses de idade confinados por 122 dias em alto ganho (HG) e baixo ganho (LG), encontraram FDR de 1,41%/dia para (HG) e 1,52%/dia para (LG), FSR de 1,65%/dia (HG) e 1,71%/dia (LG), FAR de 0,241%/dia (HG) e 0,197%/dia (LG) e GMD de 1,33 kg e 0,853 kg para alto e baixo ganho, respectivamente, com animais de 546 kg para HG e 526 kg para LG.

Gopinath e Kitts (1984), utilizando novilhos Hereford de aproximadamente 380 kg, encontraram FDR de 2,44%/dia. Gomes et al. (2013), avaliando 72 novilhos Nelore com média de 334 kg e 17 meses em HG e LG, encontraram FDR de 1,76%/dia (HG) e 1,85%/dia (LG), FSR de 2,01%/dia (HG) e 2,09%/dia (LG) e FAR de 0,24%/dia (HG) e 0,24%/dia (LG).

Batista (2012), utilizando novilhos da raça Nelore, não castrados, com peso médio inicial médio de 280 kg encontrou valores médios de 173,93 g/dia para a DPMUS e 1,97 g/kg de músculo para a DPMUSR.

De acordo Geay (1984), as eficiências de deposição de gordura e proteína são diferentes, sendo essas função das proporções de ganho de cada um desses constituintes no corpo do animal.

A maior parte dos dados encontrados utilizando a 3MH para estimar a degradação proteica em bovinos é proveniente de animais *Bos taurus*, e poucos trabalharam com animais cruzados Zebu × Holandês, o que fica difícil a comparação para avaliação dos dados.

Outro fator a ser considerado, é a estimativa da proteína no músculo esquelético. Munro (1969) considerou que 40 a 50% do corpo dos mamíferos, independente da espécie

ou sexo, é formada por músculo. Outros autores como Callow (1961), Henrickson et al. (1965) e Nishizawa (1979), indicaram que esse percentual é de aproximadamente 31 a 35% do peso corporal em bovinos. Castro Bulle (2007) estimou entre 29 e 39% esse valor. O uso de estimativa incorreta do músculo do corpo do animal pode levar tanto quanto uma diferença estimada de 25 % da FDR (Castro Bulle, 2007). No presente estudo, como foi feita a dissecação completa de meia carcaça, o valor utilizado para a quantidade do músculo esquelético foi real, com média de 33% para os machos e 32% para as fêmeas.

De acordo Costa e Silva (2011), a excreção de creatinina é constante por unidade de massa muscular, desta maneira, pode-se inferir que a razão entre as excreções de 3-metil-histidina e creatinina indica mobilização de proteína por unidade de massa muscular. Utilizando essa afirmação, pode-se inferir que a mobilização de proteína muscular aumenta com o período de confinamento, sendo maior aos 120 que aos 30 dias e com o sexo, maior degradação absoluta nos machos que nas fêmeas.

Conclusões

A taxa de degradação muscular é menor e a taxa de acréscimo é maior nos machos que nas fêmeas, enquanto a síntese não difere entre machos castrados e fêmeas. As três taxas são alteradas com o período de confinamento do animal, ou seja, com o aumento do peso corporal. A degradação proteica muscular em g/dia é maior nas fêmeas e a degradação relativa não difere entre machos castrados e fêmeas.

Referências Bibliográficas

- BATISTA, E. D. **Suplementação nitrogenada ruminal e/ou abomasal em bovinos alimentados com forragem tropical de alta qualidade**. Dissertação (Mestrado em Zootecnia), Universidade Federal de Viçosa, 2012.
- CALLOW, E. H. Comparative studies of meat. VII. A comparison between Hereford, Dairy Shorthorn and Friesian steers in four levels of nutrition. **Journal Agriculture Science**, v. 56, p.265-282, 1961.
- CASTRO BULLE, F. C. P.; PAULINO, P. V.; SANCHES, A. S. et al. Growth, carcass quality, and protein and energy metabolism in beef cattle with different growth potentials and residual feed intakes. **Journal of Animal Science**, v.85, p.928-936, 2007.
- CHIZZOTTI, M. L.; TEDESCHI, L. O.; VALADARES FILHO, S. C. A meta-analysis of energy and protein requirements for maintenance and growth of Nelore cattle. **Journal of Animal Science**, v.86, p.1588-1597, 2008.
- COSTA-E-SILVA, L. F. **Exigências nutricionais, validação de equações para a estimação da composição do corpo vazio e uso da creatinina para estimar a proporção de tecido muscular em bovinos Nelore**. 126f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia), Universidade Federal de Viçosa, 2011.
- DANIEL, P. M.; PRATT, O. E.; SPARGO, E. The metabolic homeostatic role of muscle and its function as a store of protein. **Lancet**, v. 2, p.446-448, 1977.
- DETMANN, E.; SOUZA, M. A.; VALADARES FILHO, S. C. et al. **Métodos para Análise de Alimentos**. p.214, 2012.
- GEAY, Y. Energy and protein utilization in growing cattle. **Journal of Animal Science**, v.58, p.766-778, 1984.
- GOMES, R. C.; SAINZ, R. D.; LEME, P. R. Protein metabolism, feed energy partitioning, behavior patterns and plasma cortisol in Nelore steers with high and low residual feed intake. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 42, p.44-50, 2013.
- GOPINATH, R.; KITTS, W. D. Growth, N^τ-Methylhistidine excretion and muscle protein degradation in growing beef steers. **Journal of Animal Science**, v.59, p.1262-1269, 1984.
- HARRIS, C. I.; MILNE, G. The urinary excretion of N^T-methylhistidine by cattle: validation as an index of muscle protein breakdown. **British Journal of Nutrition**, v.45, p.411-429, 1981.

- HENRICKSON, R. L.; POPE, L. S. and HENDRICKSON, R. F. Effect of rate of gain of fattening beef calves on carcass composition. **Journal of Animal Science**, v.24, p.507-513, 1965.
- HERD, R. M.; SPECK, P. A.; and WYNN, P. C. Feed requirements for maintenance and growth of 1 yr old Angus steers selected for either fast or slow yearling growth rate. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v. 31, p.591-595, 1991.
- JONES, S. J.; STARKEY, D. L.; CALKINS, C. R.; CROUSE, J. D. Myofibrillar protein turnover in feed-restricted and realimented beef cattle. **Journal of Animal Science**, v.68, p.2707-2715, 1990.
- MILLWARD, D. J.; GARLICK, P. J.; STEWART, R. J. C.; NNANYELUGO, D. O. and WATERLOW, J. C. Skeletal muscle growth and protein turnover. **Biochemical Journal**, v. 150, p.235-243, 1975.
- MUNRO, H. N. Evolution of protein metabolism in mammals. In: H. N. Munro (Ed.) **Mammalian Protein Metabolism**, v.3, p. 132-182. **Academic Press**, New York, 1969.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. **Nutrient requirements of beef cattle**, 7.ed. Washington, D.C.: National Academic Press, p.242, 1996.
- NISHIZAWA, N.; TOYODA, Y.; NOGUCHI, T.; HAREYAMA, S.; ITABASHI, H.; and FUNABIKI, R. N^T -Methylhistidine content of organs and tissues of cattle and an attempt to estimate fractional catabolic and synthetic rates of myofibrillar proteins of skeletal muscle during growth by measuring urinary output of N^T -Methylhistidine. **British Journal Nutrition**, v.42, p.247-252, 1979.
- YOUNG, V. R. and MUNRO, H. N. N^T -Methylhistidine (3-methylhistidine) and muscle protein turnover: an overview. **Fed Prod**, v.37, p.2291-2300, 1978.