

FLÁVIA ADRIANE DE SALES SILVA

DESEMPENHO, PRODUÇÃO DE METANO ENTÉRICO, EFICIÊNCIA DE UTILIZAÇÃO DA ENERGIA, METABOLISMO PROTEICO MUSCULAR E EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS DE NOVILHAS HOLANDÊS × ZEBU ALIMENTADAS COM SILAGEM DE MILHO OU CANA-DE-AÇÚCAR

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
2015**

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

T

S586d
2015

Silva, Flávia Adriane de Sales, 1990-

Desempenho, produção de metano entérico, eficiência de utilização da energia, metabolismo proteico muscular e exigências nutricionais de novilhas holandês × zebu alimentadas com silagem de milho ou cana-de-açúcar / Flávia Adriane de Sales Silva. – Viçosa, MG, 2015.

x, 64f. : il. ; 29 cm.

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

1. Bovino - Alimentação e rações. 2. Nutrição animal.
3. Balanço de energia. 4. Metabolismo proteico. I. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Zootecnia. Programa de Pós-graduação em Zootecnia. II. Título.

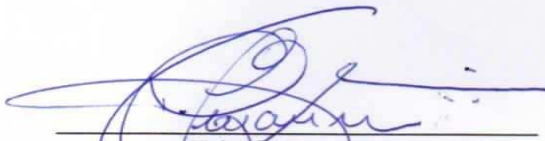
CDD 22. ed. 636.2085

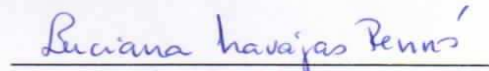
FLÁVIA ADRIANE DE SALES SILVA

DESEMPENHO, PRODUÇÃO DE METANO ENTÉRICO, EFICIÊNCIA DE UTILIZAÇÃO DA ENERGIA, METABOLISMO PROTEICO MUSCULAR E EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS DE NOVILHAS HOLANDÊS x ZEBU ALIMENTADAS COM SILAGEM DE MILHO OU CANA-DE-AÇÚCAR


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: 29 de julho de 2015.


Ederio Detmann
(Coorientador)


Luciana Navajas Rennó
(Coorientadora)


Stefanie Alvarenga Santos


Sebastião de Campos Valadares Filho
(Orientador)

DEDICATÓRIA

Aos meus pais, Zito e Sandra, que mesmo com dificuldades sempre me apoiaram e incentivaram a ir mais longe.

À pequena Rhamany, fonte de energia pura e inocência.

Ao meu namorado, Cristiano, pelo companheirismo e força dada para eu enfrentar todos os desafios.

AGRADECIMENTOS

À Deus, por me acompanhar e iluminar em mais uma escolha.

Aos meus pais, Sandra e Zito, que sempre me incentivaram e me permitiram alcançar todos os meus objetivos. Amo vocês.

À Universidade Federal de Viçosa, por minha formação, e em especial ao Departamento de Zootecnia, pela realização deste curso.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa. À Fapemig, CNPq e INCT de Ciência Animal pelo financiamento dessa pesquisa.

Ao prof. Sebastião de Campos Valadares Filho, pela oportunidade, ensinamentos, confiança e excelente orientação.

Aos funcionários do DZO: Nataniel Máximo (Pum), Niel, Washington, Joelcio, Marcelo Cardoso, José Geraldo, Zé Antônio, Monteiro, Mário, Aline, Plínio, Fernanda, Mariana, Rosana, Vinícius e Venâncio pela ajuda sempre necessária; e aos funcionários da Fazenda Cachoeirinha: Vanor, Antônio e Divino.

Ao Cristiano, por ser o melhor companheiro que eu poderia ter encontrado e por ter abdicado dos seus dias de folga para que eu alcançasse todas as minhas metas profissionais.

Aos amigos, estagiários, bolsistas de iniciação científica e companheiros do LABTIÃO que sempre se fizeram presentes e contribuíram imensamente para o desenvolvimento deste trabalho: Ana Clara, Breno, Danillo, Diego (Zana), Faider, Geovanne, Herlon, Jéssica, Letícia, Luiz Fernando, Luís Henrique (Doente), Marquinhos, Nayara, Polyana, Renata e Robert.

BIOGRAFIA

FLÁVIA ADRIANE DE SALES SILVA, filha de José Catarina Câmara Silva e Sandra Maria de Sales Silva, nasceu em Viçosa, Minas Gerais, em 22 de outubro de 1990.

Em março de 2014, graduou-se em Zootecnia pela Universidade Federal de Viçosa.

Em março de 2014, iniciou o curso de Mestrado em Zootecnia, na Universidade Federal de Viçosa, concentrando seus estudos na área de Produção e Nutrição de Ruminantes, submetendo-se à defesa da dissertação em 29 de julho de 2015.

SUMÁRIO

RESUMO	VII
ABSTRACT.....	IX
INTRODUÇÃO GERAL.....	1
Literatura citada.....	6
EFEITO DA MANIPULAÇÃO DIETÉTICA SOBRE OS FATORES DE CONVERSÃO ENERGÉTICA, PRODUÇÃO DE METANO ENTÉRICO E DESEMPENHO PRODUTIVO DE NOVILHAS HOLANDÊS × ZEBU.....	1
Introdução	14
Material e Métodos	15
Manejo animal, delineamento experimental e dietas	15
Coletas de amostras e ensaios de digestibilidade	17
Análises e quantificação	18
Abates e características de carcaça	20
Análises estatísticas	20
Resultados e Discussão.....	20
Consumo, digestibilidade dos nutrientes e produção microbiana	20
Balanço de Nitrogênio	23
Desempenho animal.....	24
Emissões de metano entérico	26
Balanço de energia.....	30
Conclusão.....	34
Literatura citada.....	35
METABOLISMO PROTEICO MUSCULAR E EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS DE ENERGIA E PROTEÍNA PARA NOVILHAS HOLANDÊS × ZEBU.....	41
Introdução	44
Material e Métodos	45
Manejo animal, delineamento experimental e dietas	45
Coleta de amostras de alimentos e ensaio de digestibilidade	47
Pesagem, processo de abate e coleta de amostras de conteúdo corporal.....	48
Análises químicas e quantificação	49
Análises estatísticas	52
Resultados e Discussão.....	52
Exigências nutricionais	52

Peso corporal e peso corporal em jejum	52
Peso corporal em jejum e peso de corpo vazio.....	53
Ganho médio diário e ganho de peso de corpo vazio	54
Exigências de energia	55
Exigências de proteína.....	57
Resumo das equações e valores gerados	58
Metabolismo proteico muscular.....	59
Conclusão.....	61
Literatura citada.....	62

RESUMO

SILVA, Flávia Adriane de Sales, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, julho de 2015. **Desempenho, produção de metano entérico, eficiência de utilização da energia, metabolismo proteico muscular e exigências nutricionais de novilhas Holandês × Zebu alimentadas com silagem de milho ou cana-de-açúcar.** Orientador: Sebastião de Campos Valadares Filho. Coorientadores: Edenio Detmann e Luciana Navajas Rennó.

O presente trabalho foi desenvolvido a partir de dois experimentos com o objetivo de avaliar o efeito de dietas contendo silagem de milho ou cana-de-açúcar com 30 ou 50% de concentrado sobre desempenho, características de carcaça, produção de metano entérico, eficiência de utilização da energia, metabolismo proteico muscular e estimar as exigências nutricionais de energia e proteína bem como as eficiências de utilização da energia e proteína metabolizável para ganho de peso de novilhas F1 Holandês × Zebu em crescimento. No experimento 1 foram utilizadas 16 novilhas F1 Holandês × Zebu com peso inicial de $218 \pm 36,5$ kg e idade média de 12 ± 1 meses, às quais foram distribuídas as dietas em delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 2×2 , sendo dois volumosos (silagem de milho e cana-de-açúcar) e dois níveis de concentrado (30 e 50%) com base na matéria seca total das dietas. O experimento teve duração total de 112 dias. Os animais alimentados com dietas à base de silagem de milho (SM) ou com 50% de concentrado apresentaram maior ($P < 0,05$) ganho médio diário e ganho de peso de corpo vazio em relação aos que receberam dietas à base de cana-de-açúcar (CA) ou contendo 30% de concentrado, respectivamente. Maiores emissões diárias de metano entérico (CH_4) foram observadas para os animais alimentados com as dietas contendo 50% de concentrado e a produção de CH_4 em função do consumo de matéria seca (g/kgMS) foi maior para os animais alimentados com CA ($P < 0,05$). A relação entre energia digestível (ED) e nutrientes digestíveis totais (ED:NDT) foi influenciada pelo tipo de volumoso oferecido ($P > 0,05$), sendo maior relação ED:NDT observada para as dietas à base de SM. A eficiência de conversão da ED em energia metabolizável (EM:ED) não foi influenciada pelo tipo de volumoso ou nível de concentrado na dieta ($P > 0,05$), contudo, o valor médio observado para esta relação está acima dos propostos pelos principais sistemas de avaliação de alimentos e exigências nutricionais de ruminantes. Conclui-se que dietas à base de SM permitem melhor desempenho para novilhas Holandês × Zebu em relação às dietas utilizando CA, assim como o

aumento no nível de concentrado também melhora o desempenho de animais em crescimento. O aumento no nível de concentrado nas dietas à base de CA permite melhora nas emissões de metano por unidade consumida ou por unidade de ganho. O valor para EM:ED é de aproximadamente 86%. O experimento 2 foi realizado por abate comparativo utilizando-se 20 novilhas F1 Holandês × Zebu, com peso inicial de $218 \pm 36,5$ kg e idade média de 12 ± 1 meses. Quatro novilhas foram designadas ao grupo referência e as dezesseis restantes foram alimentadas *ad libitum*, às quais foram distribuídas as dietas em delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 2 x 2, sendo dois volumosos (silagem de milho e cana-de-açúcar) e dois níveis de concentrado (30 e 50%) com base na matéria seca total das dietas. O experimento teve duração total de 112 dias. As equações obtidas para a estimação das exigências líquidas de energia (EL_g) e proteína (PL_g) para ganho de peso foram: EL_g (Mcal/dia) = $0,0685 \times PCVZ^{0,75} \times GPCVZ^{1,095}$ e PL_g (g/dia) = $203,8 \times GPCVZ - 14,80 \times ER$, respectivamente. As eficiências de utilização da energia (k_g) e proteína (k) metabolizável para ganho foram de 40,8 e 25,2%, respectivamente. As taxas fracionais de síntese (FSR) e degradação (FDR) não foram influenciadas ($P > 0,05$) pelo tipo de volumoso ou níveis de concentrado, contudo, os animais alimentados com dietas contendo 50% de concentrado apresentaram maior ($P < 0,05$) excreção diária de 3-metil-histidina, massa de proteína muscular final e relação FSR:FDR. Os animais alimentados com dietas à base de SM ou dietas contendo 50% de concentrado apresentaram maior ($P < 0,05$) ganho de proteína muscular e conseqüentemente, taxa fracional de acréscimo (FAR) quando comparados aos alimentados com CA ou dietas contendo 30% de concentrado, respectivamente. Conclui-se que as exigências líquidas de energia e proteína para ganho de peso de novilhas Holandês × Zebu podem ser estimadas através das equações: EL_g (Mcal/dia) = $0,0685 \times PCVZ^{0,75} \times GPCVZ^{1,095}$ e PL_g (g/dia) = $203,8 \times GPCVZ - 14,80 \times ER$, respectivamente. As k_g e k são, respectivamente, 40,8 e 25,2%. As FSR e FDR de novilhas Holandês × Zebu em crescimento não são influenciadas pelo tipo de volumoso ou níveis de concentrado, contudo, a FAR é maior quando os animais são alimentados com dietas de melhor qualidade, resultando em maiores ganhos absolutos de proteína muscular.

ABSTRACT

SILVA, Flávia Adriane de Sales, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, July, 2015. **Performance, enteric methane production, efficiency of use of energy, muscle protein metabolism and nutrient requirements of growing crossbred Holstein × Zebu heifers fed corn silage or sugar cane.** Adviser: Sebastião de Campos Valadares Filho. Co-advisers: Edenio Detmann and Luciana Navajas Rennó.

This work was developed from two experiments to evaluate the effect of diets containing corn silage or sugar cane with 30 or 50% of concentrate on performance, carcass characteristics, enteric methane production, efficiency of use of energy, muscle protein metabolism and determine energy and protein requirements for weight gain of crossbred Holstein × Zebu heifers, as well their efficiency. In the experiment 1, we used 16 F1 crossbred Holstein × Zebu heifers with average body weight of 218 ± 36.5 kg and a mean age of 12 ± 1 months. The heifers were fed *ad libitum* and were distributed in a completely randomized design, 2 x 2 factorial arrangement, two roughage (corn silage and sugar cane) and two concentrate levels (30 to 50%) on dry matter basis (DM) of total diet, with four replications. The experiment was conducted during 112 days. Heifers fed corn silage (CS) diets or with 50% of concentrate had higher ($P < 0.05$) average daily gain and empty body weight gain than heifers fed sugar cane (SC) diets or with 30% of concentrate, respectively. Higher amounts of daily enteric methane emission (CH_4) were observed for heifers fed diets with 50% concentrate and the CH_4 production relative to dry matter intake (g/kgMS) was higher for heifers fed SC diets ($P < 0.05$). The relationship between digestible energy (DE) and total digestible nutrients (DE:TDN) was influenced ($P > 0.05$) by roughage type offered, wherein higher DE:TDN ratio was observed for CS diets. The DE use efficiency (ME:DE) was not influenced by roughage type or concentrate level in the diet ($P > 0.05$), however, the mean value observed to this efficiency is above that proposed by the principal feed and nutritional requirements evaluation systems of ruminants. It is concluded that CS diets promotes better performance than SC diets for crossbred Holstein × Zebu heifers, as well as the increased level of concentrate improves performance of growing animals. The increased level of concentrate in SC diets decreases methane emissions per consumed or gain unit. The DE:ME value is approximately 86%. The experiment 2 was realized using a comparative slaughter technique. We used 20 F1 crossbred Holstein × Zebu heifers with an initial body weight of 218 ± 36.5 kg and a

mean age of 12 ± 1 months. Four heifers were slaughtered to make up the reference group and the sixteen others were distributed in a completely randomized design, 2 x 2 factorial arrangement, two roughage (corn silage and sugar cane) and two concentrate levels (30 to 50%) on dry matter basis (DM) of total diet, during 112 days. The equations obtained to net energy (NE_g) and net protein (NP_g) requirements for gain were: NE_g (Mcal/day) = $0.0685 \times EBW^{0.75} \times EBG^{1.095}$ and NP_g (g/day) = $203.8 \times EBG - 14.80 \times RE$, respectively. The efficiency of utilization of metabolizable energy (k_g) and protein (k) for gain were 40.8 and 25.2%, respectively. The fractional synthesis (FSR) and breakdown (FBR) rates were not influenced ($P > 0.05$) by roughage type or concentrate level, however, animals fed diets with 50% of concentrate had higher ($P < 0.05$) daily 3-methyl-histidine excretion, final muscle protein and FSR:FBR ratio. Heifers fed CS diets or with 50% of concentrate had higher muscle protein gain and consequently, fractional growth rate (FGR) than those fed SC diets or with 30% of concentrate ($P < 0.05$), respectively. It is concluded that the net energy and protein requirements for gain of crossbred Holstein x Zebu heifers can be obtained by the equations: NE_g (Mcal/day) = $0.0685 \times EBW^{0.75} \times EBG^{1.095}$ and NP_g (g/day) = $203.8 \times EBG - 14.80 \times RE$, respectively. The k_g and k are, respectively, 40.8 and 25.2%. The FSR and FBR of crossbred Holstein x Zebu heifers are not influenced by roughage type or concentrate level, however, the FGR is increased when these animals are fed with better quality diets, resulting in greater muscle protein gain.

Introdução Geral

O rebanho bovino brasileiro alcançou 198,3 milhões de cabeças no ano de 2014, sendo o país naquele ano, o quinto maior produtor mundial de leite, com o total de 33,3 bilhões de litros (ANUALPEC, 2015). No entanto, a produtividade da pecuária leiteira brasileira ainda é baixa, com índices econômicos e produtivos pouco representativos.

A estacionalidade na produção de forragens é um dos principais fatores responsáveis pelos baixos índices de produtividade da pecuária nacional. A escolha de alimentos para reduzir esses efeitos tem relevada importância na economicidade dos sistemas e na manutenção do equilíbrio entre oferta e demanda de nutrientes. Por fornecerem altos teores de energia, a silagem de milho e a cana-de-açúcar são os principais volumosos utilizados para bovinos no período de escassez de alimentos. No entanto, em alguns locais, a utilização da silagem de milho torna-se difícil, devido à escassez do produto e/ou por apresentar elevados custos produtivos (Ferraz & Felício, 2010). Desse modo, o uso da cana-de-açúcar na alimentação de ruminantes vem se destacando por ser uma cultura de baixo risco, com reduzido custo de produção de matéria seca por unidade de área e maior disponibilidade e valor nutritivo no período de escassez de forragem (Pinto et al., 2010).

Entretanto, a cana-de-açúcar como alimento básico para ruminantes apresenta limitações de ordem nutricional, devido aos baixos teores de proteína, minerais e precursores gliconeogênicos e ao alto teor de fibra de baixa degradação ruminal (Leng, 1988). Assim, para que se possa substituir a silagem de milho pela cana-de-açúcar, torna-se necessária a correta adequação dos níveis proteicos da dieta e dos carboidratos que a cana-de-açúcar não possui e que apresentam importante papel na fermentação ruminal e na produção microbiana (Pinto et al., 2010). O ajuste do nível de concentrado na dieta, bem como o ajuste da proteína bruta com a utilização da ureia, são imprescindíveis para que a utilização da cana-de-açúcar como volumoso possa apresentar resultados satisfatórios em termos desempenho animal.

No sistema de produção de leite, nem sempre a tecnologia que demanda maiores insumos resulta em ganhos de produtividade suficientes para gerar lucro. Os sistemas de cruzamentos entre zebuínos (*Bos taurus indicus*) e taurinos (*Bos taurus taurus*), que procuram associar adaptação com produção, constituem alternativa para incremento da produtividade por permitir explorar o efeito da heterose e da complementaridade entre

raças. Tais vantagens, juntamente com o baixo emprego de tecnologias no sistema produtivo, resultado da estreita margem de lucro, fizeram com que a maior parte do rebanho apresente atualmente algum grau de sangue de raças europeias, predominando o mestiço Holandês × Zebu. Adicionalmente, o uso de fêmeas mestiças na produção leiteira permite uma exploração de dupla aptidão, com a oportunidade de geração de renda extra através do aproveitamento dos machos para recria e engorda, perfazendo o sistema vaca de leite – bezerro de corte, expressivamente utilizado em todo o território nacional (Madalena, 1993). De acordo com Alvim et al. (2005), as raças Gir, Guzerá, Indubrasil e Nelore são as principais raças zebuínas utilizadas.

O conhecimento da composição dos alimentos disponíveis no Brasil e das exigências nutricionais de nossos animais é condição essencial para a melhoria no desempenho produtivo de nosso rebanho. A maior parte do balanceamento das dietas para bovinos no Brasil ainda é realizado com base nas exigências nutricionais estabelecidas em outros países, principalmente naqueles de clima predominantemente temperado (INRA, 1978; CSIRO, 1990; AFRC, 1993; NRC, 2000; entre outros) e que apresentam em seu banco de dados animais com características diferentes dos criados no país. Entretanto, as pesquisas de validação de sistemas nutricionais têm evidenciado incompatibilidade de aplicação dos sistemas gerados em condições temperadas às condições tropicais (Lanna et al., 1994; Backes, 2003; Vittori, 2003; Gesualdi Júnior et al., 2005). Assim, Valadares Filho et al. (2010) publicaram a 2ª edição das Tabelas Brasileiras de Exigências Nutricionais de Zebuínos Puros e Cruzados (BR CORTE), cujo banco de dados utiliza animais com características e condições similares aos criados em boa parte do território brasileiro. No entanto, o BR CORTE apresenta um baixo número de dados oriundos de experimentos com animais mestiços, sendo estes cruzamentos entre raças de corte, principalmente machos; havendo, portanto, carência de informações sobre animais de origem leiteira, especialmente fêmeas e seus cruzamentos com zebuínos.

O músculo esquelético é o principal depósito de proteína em bovinos e funciona como reserva para todo o metabolismo do organismo (Daniel et al., 1977). Porém, esse depósito proteico é dinâmico, onde as proteínas celulares estão em contínua degradação e renovação (*turnover*) por proteínas recentemente sintetizadas (Hawkins, 1991). O acréscimo de proteína muscular é definido como a diferença líquida entre a síntese e a degradação proteica e, em geral, este processo envolve gasto energético (Harris & Milne, 1981). Desse modo, a descrição do *turnover* é essencial para o conhecimento fisiológico e bioquímico da deposição do tecido muscular e conseqüentemente, manipulação do crescimento.

Vários estudos se empenharam em descrever esses processos em bovinos destinados a produção de carne (Lobley et al., 1980; Harris & Milne, 1981; McCarthy et al., 1983; Jones et al., 1990; Morgan et al., 1993; Castro Bulle et al., 2007; Gomes et al., 2013). No entanto, na maioria desses estudos foram utilizados bovinos machos, de raças de origem europeia (*Bos taurus*) e em condições diferentes das encontradas no país. Além disso, as raças zebuínas (*Bos indicus*) possuem maturidade tardia e menor exigência de energia de manutenção quando comparadas aos animais *Bos taurus* (NRC, 1996). Acredita-se que os menores requerimentos de energia possam ser parcialmente explicados pelas menores taxas de *turnover* proteico (Chizzotti et al., 2008).

Apesar da reconhecida importância da pecuária na produção de alimentos e geração de renda, atualmente muito se discute sobre o impacto ambiental da mesma, principalmente relativo às mudanças climáticas. Baseado em aspectos de proteção mercadológica, o Brasil, por ser detentor do maior rebanho comercial de bovinos do mundo e por utilizar forrageiras tropicais como base da alimentação destes animais, tem sido apontado como importante produtor de metano (CH₄). Segundo dados apresentados por Pinedo et al. (2009), as emissões de CH₄ a partir de fermentação entérica no período de 1990 a 2005 foram mais expressivas em gado de corte com 145.591,9 Gg, correspondente a 84,9%, gado leiteiro com contribuição de 18.842,94 Gg, correspondendo a 11% e os outros ruminantes contribuíram com 7.025,3 Gg, ou seja 4,1% da emissão de.

Apesar do CH₄ de origem entérica ser caracterizado como um importante gás do efeito estufa, indicado como responsável por 15% do aquecimento global (Cotton e Pielke, 1995), os ruminantes representam uma das poucas fontes produtoras de esse gás que podem ser manipuladas e, além disso, é a mais atrativa para modificação uma vez que a redução na produção de CH₄ é normalmente associada à melhoria da produtividade (Bell et al., 2011). Dessa forma, esforços em gerar estratégias de mitigação desse gás no sistema produtivo de ruminantes, que compreendem desde a seleção genética (Pickering et al., 2015), manipulação da dieta (Shibata e Terada, 2010), uso de aditivos (Rivera et al., 2010) e, até mesmo, produção de vacinas (Wright et al., 2004), vêm sendo realizados. Porém, na prática, a manipulação dietética continua sendo a mais promissora.

No entanto, a utilização de medidas para reduzir as emissões de metano requer estudos detalhados dos determinantes da emissão em conjunto com técnicas acuradas e precisas de mensuração das emissões de metano pelos animais (Lassey, 2011). Dentre as técnicas disponíveis, aquelas baseadas no uso de câmara respirométrica (CR) e gás traçador (SF₆) são as mais conhecidas e amplamente utilizadas, porém, ambas apresentam

vantagens e desvantagens, não sendo adequadas em todas as condições (Huhtanen et al., 2015).

O método da CR permite a realização de medidas diretas e precisas das emissões totais de CH₄ (Hammond et al., 2015), sendo considerado método padrão para fins de pesquisa (Huhtanen et al., 2015). Contudo, tem como limitações o alto investimento necessário em estrutura física, mão de obra e equipamentos, a restrição à movimentação dos animais e a limitação do número de animais simultaneamente avaliados. Adicionalmente, este método é também criticado por provocar distorções no comportamento alimentar do animal.

Apesar de permitir a determinação das emissões de CH₄ por animais em pastejo, a técnica do gás traçador SF₆ (Johnson et al., 1994) também é laboriosa e não apropriada para ser aplicada simultaneamente em um grande número de animais. Outra desvantagem é a grande variabilidade dos resultados, superior a encontrada com o uso da CR (Pinares-Patiño et al., 2011; Hammond et al., 2009), sendo necessário o uso de maior número de animais (unidades experimentais) para permitir a detecção de possíveis diferenças entre tratamentos.

Mais recentemente, foi introduzida como alternativa a essas técnicas, um sistema patenteado de quantificação de fluxo de gás (Sistema Greenfeed; C-Lock Inc, South Dakota, United States) que consiste em um cocho de alimentação que realiza coleta de amostras pontuais do ar expirado pelo animal enquanto o mesmo se alimenta. Esse sistema faz uso de um princípio similar àquele utilizado na CR para medição das emissões de gases (Hammond et al., 2015). No entanto, apresenta como vantagens às técnicas já descritas, a capacidade de avaliação individual e simultânea de vários animais ao longo do dia sem que o comportamento alimentar seja influenciado, não há necessidade de manejo diário dos animais, além do fato das emissões serem instantaneamente registradas em um software que permite acesso a qualquer momento e em qualquer lugar, de forma rápida e fácil. Adicionalmente, estudos realizados com o intuito de validação do uso dessa nova técnica apontam-na como capaz de fornecer dados realistas e acurados das emissões de gases pelos ruminantes (Hammond et al., 2015; Huhtanen et al., 2015; Hammond et al., 2013).

A produção de CH₄ entérico e a eficiência de utilização de energia pelos animais estão direta e inversamente relacionadas. Perdas energéticas que variam 2 a 12 % da energia bruta ingerida foram relatadas na literatura (Johnson & Johnson, 1995). Apesar de reconhecida a influência de fatores dietéticos e intrínsecos ao animal na utilização da energia ingerida, a maioria dos sistemas de avaliação de alimentos e exigências nutricionais dos ruminantes (ARC, 1980; NRC, 2000; NRC, 2001) utilizam fatores fixos

de conversão da energia presente nos alimentos em energia prontamente disponível ao metabolismo animal. O ARC (1980) considera uma eficiência de transformação da energia digestível (ED) em energia metabolizável (EM) de 80%, o NRC (2000) utiliza um coeficiente de conversão fixo de 82%, apesar de assumir que a relação EM:ED possa variar consideravelmente de acordo com nível de ingestão de matéria seca, idade do animal e tipo de dieta. Contudo, esses valores foram gerados em condições específicas e vem sendo considerados como padrão para a conversão da energia dos alimentos em qualquer situação.

Assim, objetivou-se neste trabalho avaliar o efeito de dietas compostas por diferentes tipos de volumosos (silagem de milho e cana-de-açúcar) e níveis de concentrado (30 e 50%) sobre o desempenho, produção de metano entérico, eficiência de utilização da energia, metabolismo proteico muscular e estimar as exigências nutricionais de novilhas Holandês × Zebu.

Literatura citada

- AGRICULTURAL AND FOOD RESEARCH COUNCIL – AFRC. Energy and protein requirements of ruminants. Wallingford: CAB International, 1993. 159p.
- AGRICULTURAL RESEARCH COUNCIL - ARC. The Nutrient Requirements of Ruminant Livestock. London: Agricultural Research Council. The Gresham Press, 1980. 351p.
- ALVIM, M. J.; PACIULLO, D. S. C.; CARVALHO, M. M.; AROEIRA, L. J. M.; CARVALHO, L. A.; NOVAES, L. P.; GOMES, A. T.; MIRANDA, J. E. C.; RIBEIRO, A. C. C. L. Sistema de produção de leite com recria de novilhas em sistemas silvipastoris. 2005. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br>>. Embrapa Gado de Leite. Acesso em 20/abril/2015.
- ANUALPEC 2015. Anuário da pecuária brasileira. São Paulo: Instituto FNP, 2015, 298p.
- BACKES, A. A. Composição corporal e exigências de energia, proteína e macroelementos minerais, para bovinos mestiços leiteiros e zebu, castrados, em fase de recria e engorda, em confinamento. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2003. 97p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 2003.
- BELL, M.J.; WALL, E.; SIMM, G.; RISSEL, G. Effects of genetic line and feeding system on methane from dairy sistem. *Animal Feed Science and Technology*, v. 166 – 167, p. 699 – 707, 2011.
- CASTRO BULLE, F. C. P.; PAULINO, P. V. R.; SANCHES, A. C.; SAINZ, R. D. 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 Nellore cattle. *Journal of Animal Science*, v.86, p.1588 - 1597, 2008.
- COTTON, W.R.; PIELKE, R.A. Human impacts on weather na climate. Cambrigde: Cambrigde University, 1995, 288p.
- COMMONWEALTH SCIENTIFIC AND INDUSTRIAL RESEARCH ORGANIZATION - CSIRO. *Feeding standards for Australian livestock - ruminants*. Victoria: Australia Agricultural Council. 266p, 1990.
- DANIEL, P. M.; PRATT, O. E.; SPARGO, E. The metabolic homœostatic role of muscle and its function as a store of protein. *The Lancet*, v. 310, p. 446–448, 1977.
- FERRAZ, J. B. S. & FELÍCIO, P. E. Production systems – An example from Brazil. *Meat Science*, v.84, p.238 - 243, 2010.

- GESUALDI JÚNIOR, A.; QUEIROZ, A.C.; RESENDE, F.D. et al. Validação dos sistemas VIÇOSA, CNCPS e NRC para formulação de dietas para bovinos Nelore e Caracu, não-castrados, selecionados em condições brasileiras. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.34, p.997 - 1005, 2005.
- 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.
- HAMMOND, K. J.; HUMPHRIES, D. J.; CROMPTON, L. A.; GREEN, C.; REYNOLDS, C. K. Methane emissions from cattle: estimates from short-term measurements using a GreenFeed system compared with measurements obtained using respiration chambers or sulphur hexafluoride tracer. *Animal Feed Science and Technology*, v. 203, p. 41 - 52, 2015.
- HAMMOND, K. J.; HUMPHRIES, D. J.; CROMPTON, L. A.; KIRTON, P.; GREEN, C.; REYNOLDS, C. K. Methane emissions from growing dairy heifers estimated using an automated head chamber (GreenFeed) compared to respiration chambers or SF₆ techniques. *Advances in Animal Biosciences* (forthcoming), 2013.
- HAMMOND, K. J.; MUETZEL, S.; WAGHORN, G. G.; PINARES-PATINO, C. S.; BURKE, J. L.; HOSKIN, S. O. The variation in methane emissions from sheep and cattle is not explained by the chemical composition of ryegrass. In: *Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production*. New Zealand Society of Animal Production, p. 174 – 178, 2009.
- HARRIS, C. I.; MILNE, G. The urinary excretion of N-methyl-histidine by cattle: validation as an index of muscle protein breakdown. *British Journal of Nutrition*, Cambridge, v.45, p.411 - 429, 1981.
- HAWKINS, A. J. S. Protein turnover: a functional appraisal. *Functional Ecology*, Oxon, v.5, p.222 - 233, 1991.
- HUHTANEN, P.; CABEZAS-GARCIA, E. H.; UTSUMI, S.; ZIMMERMAN, S. Comparison of methods to determine methane emissions from dairy cows in farm conditions. *Journal of dairy science*, v. 98, p. 3394 - 3409, 2015.
- INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE - INRA. 1978. *Alimentation des ruminants*, INRA Pub., Versailles. 697p.
- JOHNSON, K. A.; JOHNSON, D. E. Methane emissions from cattle. *Journal of Animal Science*, v. 73, p. 2483 – 2492, 1995.
- JOHNSON, K.; HUYLER, M.; WESTBERG, H.; LAMB, B.; ZIMMERMAN, P. Measurement of methane emissions from ruminant livestock using a sulfur hexafluoride tracer technique. *Environmental science & technology*, v. 28, p. 359 - 362, 1994.

- 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.
- LANNA, D.P.D.; BOIN, C.; FOX, D.G. Validação do CNCPS e do NRC (1984) para estimativa dos requerimentos nutricionais e desempenho de zebuínos em crescimento. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 31., 1994, Maringá. Anais... Maringá: Sociedade Brasileira de Zootecnia, p.480, 1994.
- LASSEY, K.R.; PINARES-PATIO, C.S.; MARTIN, R.J. et al. Enteric methane emission rates determined by the SF₆ tracer technique: Temporal patterns and averaging periods. *Animal Feed Science and Technology*, v.166 – 167, p.183 – 191, 2011.
- LENG, R. A. Limitaciones metabólicas en la utilización de la caña de azúcar y sus derivados para el crecimiento y producción de leche en ruminantes. In: *Sistemas intensivos para la producción animal y de energía renovable con recursos tropicales*. Cali, CIPAV. p.1 - 24, 1988.
- LOBLEY, G.E. et al. Whole body and tissue protein synthesis in cattle. *British Journal of Nutrition*, Cambridge, v.43, p.491 - 502, 1980.
- MADALENA, F. E. A simple cheme to utilize heterosis in tropical dairy cattle, *World Anim. Rev.*, v.74/75, p. 17-25, 1993.
- McCARTHY, F. D., BERGEN, W. D. and HAWKINS, D. R. Muscle protein turnover in cattle of differing genetic backgrounds as measured by urinary N – methylhistidine excretion. *The Journal of Nutrition*, v. 113, p. 2455 – 2463, 1983.
- MORGAN, J. B., WHEELER, T. L., KOOHMARAIE, M., CROUSE, J. D., SAVELL, J. W. Effect os castration on myofibrillar protein turnover, endogenous proteinase activities, and muscle growth in bovine skeletal muscel. *Journal of Animal Science*, v. 71, p. 408 – 414, 1993.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. Nutrient requeriments of dairy cattle. 7. ed. Washington, D. C.: National Academic Press, 2001. 381p.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. Nutrient requirements of beef cattle. 7.ed. Washington, D.C.: 2000. 242p.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. Nutrient requirements of beef cattle. 7.ed. National Academic Press. Washington, D.C., 1996. 242p.
- PICKERING, N. K.; CHAGUNDA, M. G. G.; BANOS, G.; MRODE, R.; McEWAN, J. C.; WALL, E. Genetic parameters for predicted methane production and laser methane detector measurements. *Journal of animal science*, v. 93, p. 11 - 20, 2015.
- PINARES-PATIÑO, C. S.; LASSEY, K. R.; MARTIN, R. J.; MOLANO, G.; FERNANDEZ, M.; MACLEAN, S.; SANDOVAL E.; LUO, D.; CLARK, H. Assessment of the sulphur hexafluoride (SF₆) tracer technique using respiration

- chambers for estimation of methane emissions from sheep. *Animal Feed Science and Technology*, v.166 - 167, p. 201 – 209, 2011.
- PINEDO, L. A.; JACOMINI, A.; VENDRAMINI, D. *et al.* Inventário de emissões de gás metano provenientes da fermentação entérica e óxido nitroso no manejo de dejetos animais – período de 1990 a 2005. *PUBVET*, Londrina, v.3, n.11, Mar 4, 2009.
- PINTO, A. P.; ABRAHÃO, J. J. S.; MARQUES, J. A. NASCIMENTO, W. G.; PEROTTO, D.; LUGÃO, S. M. B. Desempenho e características de carcaça de tourinhos mestiços terminados em confinamento com dietas à base de cana-de-açúcar em substituição à silagem de sorgo. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.39, p.198-203, 2010.
- RIVERA, A. R.; BERCHIELLI, T. T.; MESSANA, J. D.; VELASQUEZ, P. T.; FRANCO, A. V. M.; FERNADES, L. B. Fermentação ruminal e produção de metano em bovinos alimentados com feno de capim-tifton 85 e concentrado com aditivos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.39, p. 617-624, 2010.
- SHIBATA, M.; TERADA, F. Factors affecting methane production and mitigation in ruminants. In: Review article. *Animal Science Journal*, v.81, p.2-10, 2010.
- VALADARES FILHO, S. C.; MARCONDES, M. I.; CHIZZOTTI, M. L.; PAULINO, P. V. R. Exigências Nutricionais de Zebuínos Puros e Cruzados - BR CORTE. 2. ed. Viçosa, MG. Suprema Gráfica Ltda., 2010. 193p.
- VITTORI, A. Desempenho produtivo e características da carcaça de bovinos de diferentes grupos raciais, castrados e não-castrados. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2003. 95p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 2003.
- WRIGHT, A.D.G; KENNEDY, P.; O'NEILL, C.J.; TOOVEY, A.F.; POPOVSKI, S.; REA, S.M.; PIMM, C.L.; KLEIN, L. Reducing methane emissions in sheep by immunization against rumen methanogens. *Vaccine*, v.22, p.3976-3985, 2004.

Capítulo 1

Efeito da manipulação dietética sobre os fatores de conversão energética, produção de metano entérico e desempenho produtivo de novilhas Holandês × Zebu

RESUMO: Objetivou-se avaliar o efeito de dietas contendo silagem de milho ou cana-de-açúcar com 30 ou 50% de concentrado sobre o desempenho, características de carcaça, produção de metano entérico e eficiência de utilização da energia de novilhas F1 Holandês × Zebu. Foram utilizadas 16 novilhas F1 Holandês × Zebu com peso inicial de $218 \pm 36,5$ kg e idade média de 12 ± 1 meses, às quais foram distribuídas as dietas em delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 2×2 , sendo dois volumosos (silagem de milho e cana-de-açúcar) e dois níveis de concentrado (30 e 50%) com base na matéria seca total das dietas. As dietas foram isoproteicas (aproximadamente 13,5% de proteína bruta) e formuladas para ganho de aproximadamente 1,0 kg/dia. O experimento teve duração total de 112 dias. Para determinação da digestibilidade dos constituintes das dietas, perdas energéticas e produção microbiana foi realizado um ensaio de digestibilidade no último período experimental, durante três dias consecutivos. As produções de metano entérico (CH_4) diário foram determinadas através da análise contínua de amostras pontuais do ar excretado via respiração e eructação pelos animais durante a alimentação, ao longo do dia, com auxílio do equipamento Greenfeed. Os animais alimentados com silagem de milho (SM) apresentaram maiores ($P < 0,05$) consumos de matéria seca (MS), proteína bruta e extrato etéreo (kg/dia) em relação aos alimentados com cana-de-açúcar (CA) e, o maior nível de concentrado na dieta (50%) promoveu incremento no consumo em ambos os volumosos avaliados ($P < 0,05$), permitindo a CA alcançar consumos próximos aos observados para a SM com 30% de concentrado. Superioridade para as dietas à base de SM ou com 50% de concentrado foi observada quanto à digestibilidade da MS, matéria orgânica e fibra insolúvel em detergente neutro em relação às dietas à base de CA ou com 30% de concentrado, respectivamente ($P < 0,05$). Os animais alimentados com dietas à base de SM ou com 50% de concentrado apresentaram maior ganho médio diário e ganho de peso de corpo vazio em relação aos que receberam dietas à base de CA ou contendo 30% de concentrado ($P < 0,05$), respectivamente. Maiores emissões diárias de CH_4 foram observadas para os animais alimentados com as dietas contendo 50% de concentrado e a produção de CH_4 em função do consumo de MS (g/kgMS) foi maior para os animais alimentados com CA ($P < 0,05$). A relação entre a energia digestível (ED) e os nutrientes digestíveis totais (ED:NDT) foi influenciada pelo tipo de volumoso oferecido, sendo maior relação ED:NDT observada para as dietas à base de SM ($P < 0,05$). A eficiência de

conversão da ED em energia metabolizável (EM:ED) não foi influenciada pelo tipo de volumoso ou nível de concentrado ($P>0,05$), contudo, o valor médio observado para EM:ED está acima dos propostos pelos principais sistemas de avaliação de alimentos e exigências nutricionais de ruminantes. Conclui-se que dietas à base de SM permitem melhor desempenho para novilhas Holandês × Zebu em relação às dietas utilizando CA, assim como o aumento no nível de concentrado também melhora o desempenho de animais em crescimento. O aumento no nível de concentrado nas dietas à base de CA permite melhora nas emissões de metano por unidade consumida ou por unidade de ganho. O valor médio para a relação EM:ED é de aproximadamente 86%.

Palavras chave: desempenho, digestibilidade, eficiência de utilização da energia, metano

Effect of dietary manipulation on energy conversion factors, enteric methane production and animal performance of crossbred Holstein vs. Zebu heifers

ABSTRACT: The aim of this study was to evaluate the effect of diets containing corn silage or sugarcane with 30 or 50% concentrate on performance, carcass characteristics, enteric methane production and efficiency of use of energy of F1 crossbred Holstein × Zebu heifers. We used sixteen F1 crossbred Holstein × Zebu heifers with average body weight of 218 ± 36.5 kg and a mean age of 12 ± 1 months. The heifers were fed *ad libitum* and were distributed in a completely randomized design, 2 x 2 factorial arrangement, two roughage (corn silage and sugar cane) and two concentrate levels (30 to 50%) on dry matter basis (DM) of total diet, with four replications. The diets were isonitrogenous (approximately 13.5% of crude protein) and formulated to daily gain of 1.0 kg, approximately. The experiment was conducted during 112 days. Dietary digestibility, energy losses and microbial production was determined in a digestibility trial at the end of the feedlot time during three consecutive days. The daily methane enteric (CH₄) production was determined through continuous analysis of air samples excreted by the animals during feeding using Greenfeed equipment. The dry matter (DM) intake, crude protein and ether extract intake (kg/day) were higher ($P < 0.05$) for heifers fed corn silage (CS) diets than for those fed sugarcane (SC) diets and, the increased concentrated level (50%) promotes higher intake ($P < 0.05$) in both roughage evaluated, allowing SC achieve intake close to those observed for CS with 30% concentrate diet. Superiority to CS diets or with 50% of concentrate was observed to DM, organic matter and neutral detergent fiber (NDFap) digestibility compared to SC diets or with 30% of concentrate, respectively ($P < 0.05$). Heifers fed CS diets or with 50% of concentrate had higher ($P < 0.05$) average daily gain and empty body weight gain than heifers fed SC diets or with 30% of concentrate, respectively. Higher amounts of daily enteric methane emission (CH₄) were observed for heifers fed diets with 50% concentrate and the CH₄ production relative to dry matter intake (g/kgMS) was higher for heifers fed SC diets ($P < 0.05$). The relationship between digestible energy (DE) and total digestible nutrients (DE:TDN) was influenced ($P > 0.05$) by roughage type offered, wherein higher DE:TDN ratio was observed for CS diets. The DE use efficiency (ME:DE) was not influenced by roughage type or concentrate level in the diet ($P > 0.05$), however, the mean value observed to this efficiency is above that proposed by the principal feed and nutritional requirements evaluation systems of ruminants. It is concluded that CS diets promotes better performance than SC diets for crossbred Holstein × Zebu heifers, as well as the increased level of concentrate improves performance of

growing animals. The increased level of concentrate in SC diets decreases methane emissions per consumed or gain unit. The DE:ME value is approximately 86%.

Keywords: animal performance, digestibility, efficiency of use of energy, methane

Introdução

Os ruminantes representam uma das poucas fontes produtoras de metano (CH₄) que podem ser manipuladas e, além disso, é a mais atrativa para modificação uma vez que a redução na produção de CH₄ é normalmente associada à melhoria da produtividade (Bell et al., 2011). Dessa forma, esforços em gerar estratégias de mitigação desse gás no sistema produtivo de ruminantes, que compreendem desde a seleção genética (Pickering et al., 2015), manipulação da dieta (Shibata e Terada, 2010), uso de aditivos (Rivera et al., 2010) e, até mesmo, produção de vacinas (Wright et al., 2004), vêm sendo realizados. Porém, na prática, a manipulação dietética continua sendo a mais promissora.

A oferta de dietas de melhor qualidade, constituídas por alimentos adequados e balanceados promove menor emissão de CH₄ (Moss & Givens, 2002). Embora a cana-de-açúcar seja historicamente rotulada como um volumoso de baixa qualidade, estudos apontam que o incremento de 20% no nível de concentrado nessas dietas permite que estas se igualem em termos qualitativos às aquelas compostas por silagem de milho (Costa et al., 2005; Rotta et al., 2014), que é considerada volumoso padrão.

A produção de CH₄ entérico e a eficiência de utilização de energia pelos animais estão direta e inversamente relacionadas. Perdas energéticas que variam 2 a 12 % da energia bruta ingerida foram relatadas na literatura (Johnson & Johnson, 1995). Apesar de reconhecida a influência de fatores dietéticos e intrínsecos ao animal na utilização da energia ingerida, a maioria dos sistemas de avaliação de alimentos e exigências nutricionais dos ruminantes (ARC, 1980; NRC, 2000; NRC, 2001) utilizam fatores fixos de conversão da energia presente nos alimentos em energia prontamente disponível ao metabolismo animal. O ARC (1980) considera uma eficiência de transformação da energia digestível (ED) em energia metabolizável (EM) de 80%, o NRC (2000) utiliza um coeficiente de conversão fixo de 82%, apesar de assumir que a relação EM:ED possa variar consideravelmente de acordo com nível de ingestão de matéria seca, idade do animal e tipo de dieta. Contudo, esses valores foram gerados em condições específicas e vem sendo considerados como padrão para a conversão da energia dos alimentos em qualquer situação.

As hipóteses desse trabalho seriam que o uso de dietas contendo maiores níveis de concentrado resulta em menor produção de metano por unidade de ganho de peso e em maior eficiência de utilização de energia. Assim, um experimento foi conduzido a fim de avaliar os efeitos de dietas compostas por dois tipos de volumosos (silagem de milho ou cana-de-açúcar) e dois níveis de concentrado (30 ou 50%) sobre consumo, desempenho,

características de carcaça, produção de metano entérico e eficiência de utilização da energia de novilhas F1 Holandês × Zebu.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido no confinamento animal do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG. Os procedimentos de cuidado aos animais durante o experimento seguiram os protocolos aprovados pelas normas da Comissão de Ética no Uso de Animais de Produção (CEUAP) sob o protocolo 95/2014.

Manejo animal, delineamento experimental e dietas

Foram utilizadas 16 novilhas F1 Holandês × Zebu com idade média de 12 ± 1 meses e peso corporal médio de $218 \pm 36,5$ kg. O experimento foi realizado utilizando o delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 2×2 , com dois volumosos (silagem de milho e cana-de-açúcar) e dois níveis de concentrado (30 e 50% com base na matéria seca total da dieta). A duração total do experimento foi de 112 dias divididos em quatro períodos experimentais de 28 dias cada.

Os animais foram confinados em baias coletivas com piso de concreto, com área total de aproximadamente 45 m², providas de comedouros eletrônicos (Intergado Ltd., Contagem, Minas Gerais, Brasil) e bebedouros de concreto. As novilhas foram submetidas a um período de adaptação de 30 dias ao local do experimento, quando foram identificadas e tratadas contra ecto e endoparasitas. Após esse período de adaptação, os animais foram pesados após jejum de sólidos de 14 horas e aleatoriamente distribuídos em quatro grupos com quatro animais cada, aos quais, cada uma das dietas experimentais foi aleatoriamente distribuída.

A silagem de milho foi coletada em silo tipo trincheira uma hora antes do fornecimento aos animais e a cana-de-açúcar (planta inteira) foi colhida e triturada diariamente antes do arração. Foi utilizada uma mistura de ureia + sulfato de amônio (9:1) para elevar os teores de proteína bruta dos volumosos para 13,5% (com base na matéria seca). A silagem de milho e a cana-de-açúcar tiveram a matéria seca avaliada semanalmente para ajustar a quantidade fornecida aos animais de concentrado e da mistura ureia + sulfato de amônio, sendo essa avaliação realizada, em duplicada, de acordo com as recomendações de Detmann et al. (2012). Um único concentrado constituído de milho grão moído (38,82%), casca de soja (55%), farelo de soja (4,18%), sal comum (1%) e mistura

mineral (1%) foi fornecido para todos os animais, cuja composição dos alimentos se encontra na Tabela 1.

Tabela 1 - Composição dos alimentos utilizados nas dietas experimentais

Alimentos	MS ¹	MO ²	PB ³	EE ⁴	FDN ⁵	CNF ⁶	FDNi ⁷
Cana de açúcar	274,96	973,61	27,51	16,16	481,35	448,59	151,67
Silagem de milho	296,07	931,10	68,11	25,48	515,59	321,93	111,10
Casca de soja	898,06	949,40	155,81	53,38	497,24	242,96	16,67
Farelo de soja	884,48	932,23	525,90	36,90	180,13	189,30	54,93
Milho	893,18	987,68	85,40	41,16	97,14	763,98	50,84
Mistura mineral	978,25	119,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Sal comum	990,14	3,96	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ureia + sulfato de amônio	989,34	998,55	2838,2	0,00	0,00	0,00	0,00

¹Matéria seca; ²Matéria orgânica; ³Proteína bruta; ⁴Extrato etéreo; ⁵Fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína bruta; ⁶Carboidratos não fibrosos; ⁷Fibra em detergente neutro indigestível corrigida para cinzas e proteína bruta.

As dietas experimentais (Tabela 2) foram calculadas a fim de fornecerem a mesma quantidade de proteína (aproximadamente 13,5%) e formuladas para ganho de aproximadamente 1,0 kg/dia de acordo com as recomendações de Valadares Filho et al. (2010).

Tabela 2 - Proporções dos alimentos no concentrado e nas dietas (% MS) e composição química do concentrado e das dietas na base da matéria seca

Itens	Concentrado	Cana-de-açúcar		Silagem de milho	
		70:30	50:50	70:30	50:50
		g/kg			
Volumoso	-	700*	500*	700 [#]	500 [#]
Casca de soja	550,0	165	275	165	275
Farelo de soja	41,8	12,5	20,9	12,5	20,9
Milho	388,2	116	194	116	194
Mistura mineral	10,0	3,0	5,0	3,0	5,0
Sal comum	10,0	3,0	5,0	3,0	5,0
		Composição química (g/kg)			
Matéria orgânica	946	965	960	934	938
Proteína bruta	141	137	138	142	141
Extrato etéreo	46,9	24,1	30,6	32,2	36,4
Fibra em detergente neutro ¹	319	426	398	459	422
Carboidratos não fibrosos	439	427	429	335	363
FDNi ²	31	145	112	110	87
Energia bruta (Mcal/kg)	-	4,11	4,34	4,35	4,11

*3,85% de ureia/sulfato de amônio + 96,15% de cana-de-açúcar; [#]2,68% de ureia/sulfato de amônio + 97,32% de silagem de milho; ¹Fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína bruta, ²Fibra insolúvel em detergente neutro indigestível.

Diariamente, os ingredientes de cada dieta foram misturados com o auxílio de uma betoneira elétrica, sendo as dietas completas fornecidas duas vezes ao dia (8h00 e 16h00). Os animais tiveram livre acesso à água limpa. Além disso, os alimentos foram amostrados e ajustados para que as sobras fossem o mínimo possível ('manejo do cocho limpo'), sendo as sobras existentes ofertadas com a dieta do dia seguinte.

Os animais foram pesados a cada 28 dias para acompanhamento do ganho de peso. Para a quantificação do desempenho foram utilizadas a primeira e última pesagens (dia 1 e 112, respectivamente), que foram precedidas por jejum de sólidos por 14 horas.

Coletas de amostras e ensaios de digestibilidade

Os volumosos foram amostrados diariamente e posteriormente acondicionados em freezer a -20°C. Semanalmente, uma amostra composta de silagem de milho e cana-de-açúcar foi submetida à secagem parcial em estufa de circulação forçada (55°C) e moída em moinho de facas (1 mm para análises químicas e 2 mm para determinação do conteúdo de fibra em detergente neutro indigestível). Posteriormente, a matéria seca total dessas amostras foi avaliada por meio da secagem em estufa a 105°C por 16 horas. Com base no teor de matéria seca da silagem de milho e da cana-de-açúcar oferecida, foram realizadas amostras compostas proporcionais à quantidade de volumoso oferecida para cada quatro semanas. Dessa forma, ao final do experimento obtiveram-se quatro amostras compostas de volumosos, sendo uma amostra composta para cada período experimental. Os ingredientes que compuseram o concentrado foram amostrados diretamente dos silos da fábrica de ração nos dias das misturas dos mesmos. Esses ingredientes foram analisados separadamente e formaram a composição de cada mistura de concentrado utilizada.

Para avaliação das digestibilidades dos constituintes da dieta e determinação das perdas energéticas fecais e urinárias foi realizado um ensaio de digestibilidade na última semana do experimento, onde foram coletadas as excreções totais de fezes e urina durante três dias consecutivos. Para isso, logo após os 112 dias de avaliação do desempenho, os animais foram transferidos para sistema *Tie Stall*, onde permaneceram durante sete dias para a avaliação da digestibilidade. Ao final de cada dia de coleta, as fezes foram pesadas, homogeneizadas e uma amostra foi retirada. Esta amostra foi pesada e processada conforme descrito para as amostras de volumosos. Posteriormente, foi elaborada uma amostra composta por animal, com base no peso seco de cada dia de coleta. Para o cálculo das digestibilidades dos constituintes das dietas considerou-se somente o consumo de alimentos obtido na última semana do experimento.

A coleta total de urina foi realizada com auxílio de sondas de *Folley*, número 24, duas vias, com balão de 30 mL, que foram inseridas diretamente na bexiga das novilhas, conectadas a mangueira de polietileno, que conduziu a urina até galões plásticos mantidos em caixas de isopor com gelo, a fim de reduzir a perda de nitrogênio via amônia. Ao final de cada dia de coleta, foram quantificados o peso e o volume total excretados. Posteriormente, o conteúdo do galão foi homogeneizado sendo retirada uma amostra, que foi diluída em ácido sulfúrico 0,036 N (proporção 1:4), para evitar destruição bacteriana da alantoína e ácido úrico. Outra amostra, sem diluição, foi coletada para quantificação da concentração de energia bruta. As amostras foram armazenadas a -80°C para posteriores análises laboratoriais.

As produções de CH₄ entérico diário, em gramas por dia, foram quantificadas através da análise contínua de amostras pontuais do ar excretado via respiração e eructação pelos animais durante a alimentação ao longo do dia, com auxílio do equipamento Greenfeed (C-Lock Inc, South Dakota, United States). No último período experimental, os animais pertencentes a cada um dos tratamentos tiveram acesso ao equipamento Greenfeed durante 6 dias consecutivos, o qual disponibilizava pequenas porções (*drops*) de alimentação concentrada no intuito de atrair os animais e assim realizar as medições e registro das emissões de CH₄ em intervalos distribuídos regularmente ao longo do dia, para que os valores gerados fossem o mais próximo possível da real excreção diária desse gás. A cada 4 horas (6 vezes ao dia) o equipamento disponibilizava para cada animal 5 *drops* de aproximadamente 35 gramas, em intervalos de aproximadamente 5 segundos, de uma ração concentrada comercial para bezerros cuja composição foi: 89,63% de matéria seca, 92,05% de matéria orgânica, 19,70% de proteína bruta, 2,95% de extrato etéreo, 33,73% de fibra em detergente neutro e 35,65% de carboidratos não-fibrosos.

Análises e quantificação

As amostras de silagem de milho, cana-de-açúcar, ingredientes do concentrado e fezes foram quantificadas quanto aos teores de matéria seca (MS), matéria mineral (MM), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE) e fibra insolúvel em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína (FDN_{cp}) conforme técnicas descritas por Detmann et al. (2012). Os teores de FDN_{cp} indigerida foram calculados de acordo com o descrito por Detmann et al. (2014). Realizou-se também a determinação dos teores de fibra insolúvel em detergente neutro indigestível (FDN_i) nas amostras dos ingredientes de cada dieta. Os carboidratos não fibrosos (CNF) foram calculados como proposto por Detmann & Valadares Filho

(2010) a partir da equação: $CNF = 100 - [(\%PB - \%PB \text{ derivado da ureia} + \% \text{ ureia}) + \%FDN_{cp} + \%EE + \%MM]$. Os teores de nutrientes digestíveis totais (NDT) das dietas foram estimados através da soma dos nutrientes digestíveis, em que $NDT = PBD + 2,25 \times EED + FDN_{cpD} + CNFD$ (NRC, 2001).

As emissões diárias de CH_4 foram calculadas em função do consumo de MS (g/kg MS), consumo de NDT (g/kg NDT), ganho médio diário (g/GMD), ganho de peso de corpo vazio (g/GPCVZ), energia bruta (CH_4 Mcal/100Mcal EB), energia digestível (CH_4 Mcal/100Mcal ED) e energia metabolizável (CH_4 Mcal/100Mcal EM).

O calor de combustão foi determinado nas amostras de alimento, fezes e urina por meio do uso de calorímetro dinâmico (marca IKA® WERKE/modelo C5003 Control) e a energia perdida via gases foi estimada através da conversão da excreção diária de CH_4 (g/dia) para unidade energética utilizando-se o fator de 13,4 kcal/g CH_4 . O teor de energia bruta (EB) das dietas foi calculado utilizando a proporção e o calor de combustão de cada um de seus constituintes. O teor de energia digestível (ED) foi calculado utilizando os coeficientes de digestibilidade da energia obtidos por meio do ensaio de digestibilidade. O teor de energia metabolizável (EM) foi calculado a partir da ED subtraindo-se as perdas energéticas via urina e gases (CH_4).

As análises de ácido úrico foram feitas utilizando o analisador bioquímico automático (marca Minudray/modelo BS200E), enquanto as de alantoína foram realizadas de acordo com o método colorimétrico descrito por Chen & Gomes (1992). A excreção total de derivados de purina foi calculada pela soma das quantidades de alantoína e ácido úrico excretadas na urina, obtidas pelo produto entre a concentração das mesmas na urina e o volume urinário. As purinas absorvidas (Y, mmol/dia), foram calculadas a partir da excreção de derivados de purina (X, mmol/dia) por intermédio da equação: $Y = (X - 0,301 PC^{0,75})/0,80$; em que 0,80 = recuperação de purinas absorvidas como derivados de purina e 0,301 = a excreção de purinas de origem endógena por kg de peso metabólico por dia e PC = peso corporal (Barbosa et al., 2011).

A síntese ruminal de compostos nitrogenados (Y, g N/dia), foi calculada em função das purinas absorvidas (X, mmol/dia), utilizando-se a equação proposta por Barbosa et al. (2011): $Y = (70 \times X) / (0,93 \times 0,1369 \times 1000)$; em que 70 é o conteúdo de N nas purinas (mg de N/mol), 0,1369 a relação N purina:N total nas bactérias e 0,93 a digestibilidade verdadeira das purinas microbianas.

Quantificou-se também o balanço de nitrogênio (N) dos animais. Para isso, os componentes das dietas e as fezes foram analisados quanto ao teor de nitrogênio (N) conforme técnica descrita por Detmann et al. (2012), sendo o consumo e a excreção diária

de N fecal (g/dia) calculados multiplicando-se o teor N nas dietas e nas fezes pelo consumo de matéria seca e excreção de matéria seca fecal diária (g/dia), respectivamente. A excreção de N urinário diário (g/dia) foi calculada como a diferença entre o N consumido, N fecal e N retido conforme descrito por Cole et al. (2003), sendo este último obtido por meio de abate comparativo, cujos procedimentos estão descritos no capítulo 2.

Abates e características de carcaça

Ao final do experimento, todos os animais foram abatidos nas instalações da Universidade Federal de Viçosa. Foram abatidos oito animais por dia, sendo os mesmos aleatoriamente selecionados para cada um dos dias de abate. Antes dos abates, os animais foram submetidos a jejum de sólidos por 14 horas. O abate foi realizado via insensibilização e secção da jugular para sangramento total. Após o abate, a carcaça de cada animal foi dividida em duas meias carcaças, das quais as meias carcaças esquerdas foram pesadas para a determinação do rendimento de carcaça quente e em seguida, resfriadas em câmara fria a -5°C durante 18 horas. Decorrido este tempo, as mesmas foram pesadas para avaliação do rendimento de carcaça fria, sendo também mensurado o comprimento da carcaça e a espessura de gordura subcutânea na altura da 12^a costela utilizando-se um paquímetro eletrônico. Os procedimentos realizados para determinação do peso de corpo vazio inicial e final, os quais foram utilizados para o cálculo do ganho de peso de corpo vazio, são os mesmos descritos no capítulo 2.

Análises estatísticas

Os dados foram analisados em delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 2 x 2, utilizando o procedimento PROC MIXED do SAS (versão 9.3). Para todas as comparações e testes, adotou-se 0,05 como nível crítico de probabilidade para o erro tipo I.

Resultados e Discussão

Consumo, digestibilidade dos nutrientes e produção microbiana

Não houve efeito de interação ($P>0,05$) entre o tipo de volumoso e nível de concentrado utilizado para os consumos e digestibilidades de todos os constituintes das dietas (Tabela 3). Os consumos de matéria seca (CMS), proteína bruta (CPB), extrato etéreo (CEE) e matéria orgânica digerida (MOD) em quilogramas por dia (kg/dia) foram influenciados pelo tipo de volumoso e pelo nível de concentrado da dieta ($P<0,05$).

Animais alimentados com dieta contendo silagem de milho apresentaram maiores CMS, CPB, CEE e MOD em relação aos alimentados com cana-de-açúcar e, o maior nível de concentrado na dieta promoveu incremento no consumo em ambos os volumosos avaliados, permitindo a cana-de-açúcar alcançar consumos próximos aos observados para a silagem de milho na proporção 70:30. No entanto, quando expressos em relação ao peso corporal (g/kg PC), os CMS e CPB foram influenciados apenas pelo nível de concentrado na dieta, sendo maiores ($P < 0,05$) para os animais alimentados com as dietas contendo 50% de concentrado.

De acordo com Detmann et al. (2014), o CMS é linear e negativamente relacionado com o conteúdo de fibra em detergente neutro indigerida do alimento. Desse modo, o maior consumo de fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína bruta (FDN_{cp}) indigerida proporcionado pelas dietas à base de cana-de-açúcar ($P < 0,05$) impactou negativamente o CMS e conseqüentemente, o consumo dos componentes dietéticos. Sendo que, neste caso, uma menor quantidade de alimento consumida foi capaz de fazer com que o animal atingisse seu limite físico de consumo. A pior composição das dietas contendo cana-de-açúcar, com relação qualidade da fibra, também foi considerada a principal responsável pelos menores CMS e de componentes da dieta em estudos realizados por Magalhães et al. (2006), Menezes et al. (2011) e Rotta et al. (2014). Além disso, o maior nível de concentrado na dieta permitiu maior aporte de carboidratos não fibrosos ($P < 0,05$), refletindo em maior consumo de nutrientes digestíveis totais ($P < 0,05$), levando a aumento da capacidade de consumo pelo animal.

Quanto à digestibilidade aparente total, observou-se diferença ($P < 0,05$) entre as dietas contendo cana-de-açúcar quando comparadas às dietas à base de silagem de milho e para as dietas contendo 50% de concentrado em relação às com 30% para a MS, matéria orgânica (MO) e FDN_{cp}. Superioridade para as dietas à base silagem de milho ou com 50% de concentrado foi observada quanto à digestibilidade da MS, MO e FDN_{cp} ($P < 0,05$) em relação às dietas a base de cana-de-açúcar ou com 30% de concentrado, respectivamente.

Há relação direta entre a digestibilidade da matéria orgânica e a digestibilidade dos demais nutrientes. Maior proporção da fibra da cana-de-açúcar estava na forma indisponível à degradação, levando a menor extensão da digestão da fração fibrosa e conseqüentemente, da MS e MO como um todo. Além disso, houve a substituição de ingrediente com alta concentração de fibra em detergente neutro indigestível (FDN_i) por outro de baixo conteúdo proporcionada pelo incremento de 20% na quantidade de

concentrado nas dietas, o qual continha elevada proporção de casca de soja (55%), que apresenta elevado teor de FDNcp de alta digestibilidade (Bach et al., 1999).

Tabela 3 – Efeito do tipo de volumoso e nível de concentrado sobre o consumo e digestibilidade de matéria seca e dos constituintes da dieta e produção microbiana de novilhas Holandês × Zebu

Variáveis	Dietas				EPM	Valor P		
	Cana-de-açúcar		Silagem de milho			V	C	V x C
	70:30	50:50	70:30	50:50				
Consumo (kg/dia)								
Matéria seca	6,92	9,18	8,59	10,59	0,663	0,046	0,010	0,855
Matéria orgânica	6,68	8,81	8,04	9,94	0,625	0,082	0,010	0,863
Proteína bruta	0,97	1,27	1,23	1,50	0,093	0,024	0,010	0,806
Extrato etéreo	0,18	0,29	0,28	0,39	0,021	0,001	<0,001	0,912
FDN ¹	2,99	3,63	3,93	4,49	0,285	0,009	0,056	0,761
CNF ²	2,99	3,95	2,91	3,83	0,251	0,708	0,004	0,939
Consumo (g/kg PC)								
Matéria seca	27,95	36,35	31,76	37,38	1,618	0,177	0,001	0,426
FDN ¹	12,30	15,09	14,82	15,99	0,657	0,029	0,014	0,258
FDN ¹ indigerida	6,62	5,73	4,74	4,51	0,475	0,006	0,255	0,503
Digestibilidade dos nutrientes (%)								
Matéria seca	67,58	76,46	76,51	78,51	0,018	0,011	0,012	0,086
Matéria orgânica	69,71	77,77	78,26	79,94	0,017	0,011	0,018	0,100
Proteína bruta	70,53	73,71	79,65	77,80	0,022	0,039	0,392	0,618
Extrato etéreo	84,20	89,47	91,03	88,91	0,027	0,270	0,571	0,197
FDN ¹	46,69	63,17	68,17	71,60	0,028	<0,001	0,004	0,051
CNF ²	92,17	92,51	90,29	89,06	0,582	0,011	0,711	0,514
Consumo de nutrientes digestíveis (kg/dia)								
NDT ³	5,22	7,49	6,72	8,66	0,642	0,060	0,006	0,800
MOD ⁴	4,77	6,89	6,24	8,06	0,597	0,047	0,006	0,810
Produção microbiana								
VU ⁵ (l/dia)	3,09	4,35	4,78	6,51	0,609	0,010	0,034	0,711
PMic (g/dia) ⁶	533	810	929	924	70,6	0,004	0,082	0,074

¹Fibra insolúvel em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína; ²Carboidratos não fibrosos; ³Nutrientes digestíveis totais; ⁴Matéria orgânica digerida; ⁵Volume urinário; ⁶Proteína bruta microbiana.

Os maiores valores observados para a digestibilidade dos CNF (P<0,05) para as dietas à base de cana-de-açúcar são devido à alta proporção de carboidratos solúveis prontamente disponíveis para a fermentação microbiana, principalmente na forma de sacarose (Aroeira et al., 1995; Franzolin & Franzolin, 2000, Fernandes et al., 2001; Valvasori et al., 2002).

A produção de proteína microbiana (PMic), foi superior para as novilhas alimentadas com dietas à base de silagem de milho quando comparadas àquelas alimentadas com cana-de-açúcar (P<0,05). O mesmo foi observado para o CMS, logo, os animais que apresentaram maior consumo também apresentaram maior síntese ruminal de

microrganismos, como resultado do maior suprimento de substratos fermentáveis e, além disso, aumento na ingestão de alimentos proporciona maior escape de microrganismos para o intestino delgado (Clark et al., 1992). Comportamento semelhante foi observado por Chizzotti et al. (2006) e Azevêdo et al. (2011), onde os animais que consumiram mais nutrientes apresentaram maior PMic.

Balanço de Nitrogênio

O metabolismo de nitrogênio é apresentado na Tabela 4. O consumo de nitrogênio (N), a excreção de N via urina e a quantidade de N retida no corpo do animal foram influenciadas pelo tipo de volumoso e nível de concentrado da dieta ($P < 0,05$). Maiores consumo, retenção e excreção de N via urina foram observados para os animais alimentados com dietas à base de silagem de milho ou com 50% de concentrado quando comparadas às dietas à base de cana-de-açúcar ou com 30% de concentrado, respectivamente.

Houve efeito de interação entre o tipo de volumoso e nível de concentrado ($P < 0,05$) com relação à excreção fecal de N. No desdobramento dessa interação, a menor excreção de N fecal foi observada para os animais alimentados com cana-de-açúcar associada à inclusão de 30% de concentrado e, os valores obtidos para os animais alimentados com silagem de milho, independente do nível de concentrado utilizado, não diferiram dos obtidos pelos animais alimentados com cana-de-açúcar associada à inclusão de 50% de concentrado.

Tabela 4 - Efeito do tipo de volumos e nível de concentrado sobre o balanço de nitrogênio (N) em novilhas Holandês × Zebu

Variáveis	Dietas				EPM	Valor P		
	Cana-de-açúcar		Silagem de milho			V	C	V x C
	70:30	50:50	70:30	50:50				
N consumido (g/dia)	154	223	230	253	15,6	0,005	0,012	0,162
N fezes (g/dia)	32	52	58	53	4,39	0,010	0,118	0,013
N urina (g/dia)	111	148	153	169	11,1	0,015	0,036	0,365
Nr:Nc ¹	7,14	10,3	8,3	12,3	0,005	0,005	<0,001	0,511
N retido (g/dia)	11	23	19	31	1,90	<0,001	<0,001	0,992

¹Relação entre o nitrogênio retido e o consumido (valor multiplicado por 100).

De acordo com Van Soest (1994), aumentos na ingestão de N estão associados à maior produção de uréia no fígado e à maior excreção de uréia via urina, enquanto a baixa ingestão de N conduz a uma redução na excreção de uréia na urina para manutenção do

pool de uréia plasmático, que está sob controle fisiológico homeostático. Dessa forma, a maior excreção de N via urina é consequência do maior consumo do mesmo.

Quanto à excreção fecal de N, os menores valores observados para as dietas compostas por cana-de-açúcar com 30% de concentrado podem ser devido ao maior consumo de ureia proporcionalmente à dieta total, tanto em relação à dieta composta por cana-de-açúcar com 50% de concentrado quanto em relação às dietas à base de silagem de milho. Sendo a ureia considerada 100% digestível, menores quantidades de N são recuperadas nas fezes desses animais.

Desempenho animal

Não houve interação ($P > 0,05$) entre o tipo de volumoso e nível de concentrado para nenhuma das variáveis listadas na Tabela 5. Os maiores CMS proporcionados pelas dietas à base de silagem milho, superiores em aproximadamente 16%, refletiram em maior ($P < 0,05$) ganho médio diário (GMD) e ganho de peso de corpo vazio (GPCVZ) em relação aos animais que receberam dietas à base de cana-de-açúcar. Melhor desempenho apresentado por animais alimentados com silagem de milho em relação aos alimentados com cana-de-açúcar também foi reportado por Menezes et al. (2011) e Mariz (2012). Menezes et al. (2011) observaram ganho de peso de 1,51 kg/dia e consumo, em porcentagem do peso corporal (%PC), de 2,4%PC com o fornecimento de silagem de milho, e ganho de peso de 1,03 kg/dia e consumo de 2,2%PC para os animais alimentados com cana-de-açúcar *in natura*. O maior GPCVZ observado para os animais alimentados com silagem de milho também pode ser consequência do menor tempo de permanência da dieta no trato gastrointestinal desses animais em comparação aos alimentados com as dietas à base de cana-de-açúcar, que resultou em maior consumo de MS.

O ganho médio diário (GMD) e o ganho de peso de corpo vazio (GPCVZ) dos animais também foram influenciados pelo nível de concentrado na dieta ($P < 0,05$). O uso da cana-de-açúcar associada ao maior nível de inclusão de concentrado na dieta (50%) permitiu GMD e GPCVZ próximos aos observados para os animais alimentados com dietas à base de silagem de milho com 30% de concentrado. A influência do aumento do nível de concentrado na dieta nesses resultados também pode ser atribuída, além do maior CMS, aos maiores consumos de MO, PB, EE, CNF e conseqüentemente, NDT proporcionado pelas mesmas (Tabela 3). Rangel et al. (2010) encontraram resultado semelhante, onde as novilhas leiteiras alimentadas com cana-de-açúcar associada a maior inclusão de concentrado na dieta total (2,7kg/dia) obtiveram GMD iguais às que foram

alimentadas com silagem de milho com menor adição de concentrado (1,3 kg/dia). Contudo, ressalta-se que, caso as fêmeas sejam destinadas a virar matrizes leiteiras, o uso das dietas contendo 50% de concentrado ou silagem de milho não seria adequado, pois, apresentam baixa relação entre proteína e energia (aproximadamente 48,92 gPB/Mcal) podendo levar a desenvolvimento indesejado da glândula mamária, apresentando acentuada deposição de gordura ao invés de tecido parênquimal (Whitlock et al., 2002).

Tabela 5 - Efeito do tipo de volumoso e nível de concentrado sobre o desempenho animal e características de carcaça de novilhas Holandês × Zebu

Variáveis ¹	Dieta				EPM	Valor P		
	Cana-de-açúcar		Silagem de milho			V	C	V x C
	70:30	50:50	70:30	50:50				
PCi(kg)	212	215	206	208	20,2	0,755	0,896	0,968
PCf (kg)	263	316	326	356	28,1	0,092	0,166	0,686
PCVZi (kg)	162	164	157	159	15,5	0,755	0,896	0,968
PCVZf (kg)	220	274	281	320	24,8	0,0506	0,087	0,764
GMD (kg/dia)	0,42	0,83	0,99	1,20	0,084	<0,001	0,002	0,242
GPCVZ (kg/dia)	0,47	0,90	1,02	1,31	0,088	<0,001	0,001	0,423
PCF (kg)	128	162	164	186	14,4	0,058	0,070	0,695
PCQ (kg)	131	163	168	190	14,6	0,051	0,086	0,853
EGS (mm)	0,90	2,10	2,69	4,78	0,401	<0,001	0,001	0,289
COC (cm)	118	126	126	128	4,3	0,294	0,319	0,468
AOL(cm ²)	36,6	44,5	42,4	47,5	2,81	0,147	0,038	0,627
RCQ (%)	49,7	51,9	51,4	53,5	0,68	0,035	0,009	0,958
RCF (%)	48,4	51,5	50,1	52,4	0,88	0,164	0,010	0,622

¹PCi = Peso corporal médio inicial; PCf = Peso corporal médio final; PCVZi = Peso de corpo vazio inicial; PCVZf = Peso de corpo vazio final; GMD = Ganho médio diário; GPCVZ = Ganho de peso de corpo vazio; PCF = Peso de carcaça fria; PCQ = Peso de carcaça quente; EGS = Espessura de gordura subcutânea; COC = Comprimento de Carcaça; AOL = Área de olho de lombo; RCQ = Rendimento de carcaça quente, RCF = Rendimento de carcaça fria.

A espessura de gordura subcutânea (EGS) foi superior para os animais alimentados com silagem de milho ($P < 0,05$) em relação aos alimentados com cana-de-açúcar e para os alimentados com 50% de concentrado na dieta quando comparados aos alimentados com 30%. Em ambos os casos, os resultados observados podem ser atribuídos à superioridade no CMS e de seus constituintes e, conseqüentemente no consumo NDT pelos animais consumindo silagem de milho e/ou dieta com 50% de concentrado que, permitiram maiores taxas de ganho, resultando em antecipada deposição de gordura quando comparados aos alimentados com dietas à base de cana-de-açúcar e/ou com 30% de concentrado.

A maior concentração energética obtida nas dietas com 50% de concentrado ($P < 0,05$) provavelmente foi o fator responsável pela maior área de olho de lombo (AOL)

observada nesses animais em relação aos alimentados com dietas com apenas 30% de concentrado ($P < 0,05$), sendo esta variável uma medida indireta da musculosidade da carcaça. Costa et al. (2005) também observaram carcaças com maior musculosidade para níveis mais altos de concentrado na dieta.

Os animais alimentados com dietas à base de silagem de milho ou com dietas contendo 50% de concentrado apresentaram maior rendimento de carcaça quente (RCQ) quando comparados aos alimentados com cana-de-açúcar ($P < 0,05$) ou dietas contendo 30% de concentrado ($P < 0,05$), respectivamente. Uma vez que o rendimento de carcaça é obtido através da relação entre o peso da carcaça quente (PCQ) ou fria (PCF) e o peso corporal ou peso corporal vazio, expresso em porcentagem, esse índice é afetado por diversos fatores, sendo que entre eles, destaca-se a influência do peso do conteúdo gastrointestinal e tipo de dieta (Meissner et al. 1995), peso ou idade de abate e grau de acabamento (Preston & Willis, 1974), além dos pesos dos constituintes não pertencentes à carcaça (Galvão et al., 1991). Menor rendimento de carcaça é obtido em animais alimentados com volumosos mais fibrosos, em virtude das diferenças no desenvolvimento do trato digestório e na velocidade de passagem do alimento pelo mesmo (Di Marco, 1998). Além disso, o aumento na proporção de concentrado tende a melhorar o rendimento de carcaça, por diminuição do conteúdo gastrointestinal (Ferreira et al., 2000; Silva et al., 2002). Destaca-se também o efeito de condição racial sobre o rendimento de carcaça de bovinos. No presente estudo os animais apresentaram relação PCVZ:PC média de aproximadamente 0,87, enquanto que, de acordo com o BR CORTE (Valadares Filho et al., 2010) o valor dessa relação observada para animais de raças de corte é superior, aproximadamente 0,89. Em geral, animais da raça Holandesa possuem intestinos mais desenvolvidos, em consequência da seleção genética ser voltada para produção de leite que exige maior consumo de alimento, o que faz com que essa característica também seja observada em seus mestiços. Além disso, animais cruzados com a raça Holandesa, tendem a apresentar maior massa de órgãos internos, em relação ao peso vivo que animais de outros grupos genéticos (Backes et al., 2006).

Emissões de metano entérico

Observa-se na Tabela 6 que não houve efeito de interação entre o tipo de volumoso e o nível de concentrado para a produção de metano entérico (CH_4) diário (g/dia) e produção de CH_4 em função do consumo de MS (g/kgMS). Maiores emissões de CH_4 diárias (g/dia) foram observadas para os animais alimentados com as dietas contendo 50%

de concentrado. No entanto, ao se avaliar a produção de CH₄ em função do consumo de matéria seca (g/kg MS), observou-se influência do tipo de volumoso presente na dieta, onde as dietas a base de silagem de milho proporcionaram emissões de CH₄ aproximadamente 47% inferiores em relação às dietas à base de cana-de-açúcar (P<0,05).

Tabela 6 - Efeito do tipo de volumoso e nível de concentrado sobre as emissões de metano entérico de novilhas Holandês × Zebu

Variáveis ¹	Dietas				EPM	Valor P		
	Cana-de-açúcar		Silagem de milho			V	C	V x C
	70:30	50:50	70:30	50:50				
CH ₄ (g/dia)	165	186	115	185	11,9	0,065	0,003	0,074
CH ₄ (g/kg MS)	25,8	21,8	12,7	12,3	1,80	<0,001	0,262	0,375
CH ₄ (g/kg NDT)	28,7	23,9	21,5	24,9	1,62	0,095	0,701	0,034
CH ₄ (g/ kg GMD)	321	224	131	156	16,8	<0,001	0,634	0,005
CH ₄ (g/ kg GPCVZ)	297	207	127	143	13,5	<0,001	0,024	0,003
CH ₄ :CEB (Mcal/100 Mcal)	6,67	6,50	4,25	5,75	0,003	0,001	0,088	0,039
CH ₄ :CED (Mcal/100 Mcal)	10,4	8,30	5,72	7,43	0,007	0,003	0,729	0,018
CH ₄ :CEM(Mcal/100 Mcal)	13,0	9,59	6,53	8,62	0,012	0,010	0,582	0,041

¹Produção de metano entérico diária em gramas por dia, por quilograma de matéria seca ingerida, por quilograma de nutrientes digestíveis totais consumidos, em relação ao ganho médio diário e em relação ao ganho de peso de corpo vazio, respectivamente; Perda energética via metano em relação ao consumo de energia bruta, energia digestível e energia metabolizável, respectivamente.

Muitos fatores influenciam a produção de metano entérico (CH₄) em ruminantes, incluindo o nível de consumo, o tipo e a qualidade dos alimentos, o consumo de energia, tamanho do animal, taxa de crescimento, nível de produção e a temperatura ambiental (Shibata & Terada, 2010), sendo que entre eles, o consumo de alimento é considerado o principal determinante (Ramin & Huhtanen, 2013; Reynolds et al., 2011), responsável por até 74% das variações de emissão (Ellis et al., 2007). Geralmente, o aumento da ingestão de alimentos leva ao aumento da produção de CH₄ (Shibata & Terada, 2010) devido ao maior aporte de substratos para a fermentação ruminal e consequente aumento no fornecimento de hidrogênio para a metanogênese (Hegarty et al., 2007). No entanto, em virtude do aumento na produção de CH₄ não ser na mesma magnitude em que ocorre o incremento no consumo, a produção de CH₄ por unidade ingerida diminui com o aumento do nível de alimentação (Ramin & Huhtanen, 2013; Grainger et al., 2007).

No estudo realizado por Mariz (2012) não foi observada diferença significativa para a produção de CH₄ (g/kg MS) entre os animais alimentados com silagem de milho ou cana-de-açúcar, sendo observadas emissões médias de 23,77 e 26,73 g/kg MS, respectivamente. Contudo, a técnica utilizada por essa autora (técnica do gás traçador - SF₆) proporciona grande variabilidade dos resultados (Pinares-Patiño et al., 2011; Hammond et al., 2009),

fazendo com que seja necessário o uso de elevado número de animais (unidades experimentais) para permitir a detecção de possíveis diferenças entre tratamentos.

Houve efeito de interação ($P < 0,05$) entre o tipo de volumoso e nível de concentrado quando a produção de CH_4 diária foi relacionada ao consumo de NDT, ao ganho de peso diário (GMD) e ao ganho de peso de corpo vazio (GPCVZ); e também quando expressa em CH_4 Mcal/100 Mcal em relação aos consumos de energia bruta (CEB), energia digestível (CED) e metabolizável (CEM), cujos desdobramentos se encontram na tabela 7.

Tabela 7 - Desdobramento do efeito de interação entre o tipo de volumoso e nível de concentrado sobre a produção de metano relativa em novilhas Holandês \times Zebu

Concentrado	Volumoso	
	Cana-de-açúcar	Silagem de milho
		CH_4 (g/kg NDT)
30	28,7Aa	21,5Ab
50	23,9Aa	24,9Aa
		CH_4 (g/ kg GMD)
30	321Aa	131Ab
50	224Ba	156Ab
		CH_4 (g/kg GPCVZ)
30	297Aa	127Ab
50	207Ba	143Ab
		CH_4 :CEB (Mcal/100 Mcal)
30	6,67Aa	4,25Bb
50	6,50Aa	5,75Aa
		CH_4 :CED (Mcal/100 Mcal)
30	10,4Aa	5,72Ab
50	8,30Ba	7,43Aa
		CH_4 :CEM (Mcal/100 Mcal)
30	13,0Aa	6,53Ab
50	9,59Aa	8,62Aa

Médias seguidas de mesma letra na coluna (maiúscula) e linha (minúscula) não diferem entre si ($P < 0,05$).

Avaliando a produção de CH_4 dentro de cada volumoso, observa-se que o aumento do nível de concentrado (de 30 para 50%) nas dietas contendo cana-de-açúcar não alterou ($P > 0,05$) a produção desse gás em relação ao consumo de NDT (g CH_4 /kg NDT), ao CEB (CH_4 :CEB) e ao CEM (CH_4 :CEM), contudo, reduziu ($P < 0,05$) a produção relacionada ao CED (CH_4 :CED), GMD (g CH_4 /kg GMD) e GPCVZ (g CH_4 / kg GPCVZ). Para as dietas à base de silagem de milho, observa-se que a maior inclusão de concentrado na dieta somente alterou ($P < 0,05$) a relação CH_4 :CEB, onde a maior inclusão de concentrado proporcionou maior perda energética.

Comparando-se as dietas contendo 30% de concentrado, a dieta à base de silagem de milho apresentou valores inferiores ($P < 0,05$) para todas as variáveis contidas na Tabela

7. Considerando o maior nível de inclusão de concentrado (50%), observam-se valores inferiores ($P < 0,05$) para a dieta à base de silagem de milho quanto à produção de CH_4 relacionada ao GMD e GPCVZ, enquanto que, para as demais variáveis não houve diferença ($P > 0,05$) entre os volumosos.

A composição dos alimentos e a qualidade da forragem influenciam a produção de CH_4 em ruminantes (Beauchemin et al., 2008; Martin et al., 2010). O tipo, a natureza e a taxa de fermentação dos carboidratos influenciam a proporção individual dos ácidos graxos de cadeia curta, e, assim, a quantidade de íons hidrogênio (H) liberados no rúmen, que, conseqüentemente, influenciam a produção desse gás. A cana-de-açúcar comparativamente à silagem de milho, apresenta baixo conteúdo de amido, alta concentração de sacarose (Franzolin & Franzolin, 2000) e baixa taxa de degradação ruminal da FDN (Landell et al., 2002), o que provavelmente fez com que houvesse aumento do tempo de permanência da digesta no rúmen e favorecimento das rotas produtoras de ácido acético e butírico (Sutton, 1968; Czerkawski & Breckenridge, 1969; Friggens et al., 1998; Pinares-Patiño et al., 2003; Hindrichsen et al., 2004), as quais são as principais fornecedoras de H para a metanogênese (Wolin, 1960).

Geralmente, a substituição de carboidratos fibrosos (celulose e hemicelulose) por carboidratos não fibrosos (principalmente amido) com o aumento do nível de concentrado na dieta leva à alteração das condições físico-químicas do rúmen e populações microbianas, causando aumento da produção de propionato em relação ao acetato, refletindo em menor produção de CH_4 . No entanto, no presente trabalho, o incremento de 20% de concentrado às dietas não foi suficiente para promover tais alterações, sendo observado apenas aumento no suprimento de nutrientes digestíveis, o qual proporcionou aumento do crescimento microbiano e digestibilidade da dieta como um todo, refletindo em maior desempenho animal. De acordo com Berchielli et al. (2003), as condições ruminais somente se tornam inadequadas para as bactérias metanogênicas quando a inclusão de concentrado na dieta atinge 60%.

Dessa forma, os resultados obtidos nesse experimento não estão de acordo com a maioria dos trabalhos publicados (Blaxter & Clapperton, 1965; Johnson et al., 1991; Johnson & Johnson, 1995; Yan et al., 2000; Hindrichsen et al., 2006;), nos quais o aumento do nível de concentrado na dieta promoveu redução significativa da perda da energia dietética, sendo que, no caso das dietas à base de silagem de milho, observou-se resultado contrário, onde maior eficiência de utilização da energia foi observada para os animais alimentados com a dieta contendo menor inclusão de concentrado. Acredita-se que essa menor eficiência observada para a dieta contendo 50% de concentrado seja em

decorrência da elevação da taxa fermentativa como um todo, fazendo com que a produção de CH₄ também aumentasse demasiadamente.

O CH₄ representa significativa perda de energia pelo sistema de produção, tendo impacto negativo na produtividade animal (Ramin & Huhtanen, 2013). No entanto, essa perda energética é ao mesmo tempo inevitável e necessária para o correto funcionamento do rúmen. Dessa forma, as pesquisas sugerem que o primeiro e principal passo para se reduzir a participação da bovinocultura tropical no cenário climático global seja o aumento da produtividade, que resultariam em menores emissões de CH₄ por unidade de produto final. Esse conceito é baseado na manutenção da produção total de CH₄ associada a aumento da produção útil, resultando em diminuição da produção por unidade de produto final (carne ou leite). Com o tempo, devido ao incremento em produtividade, ocorrerá redução do número de animais em produção para atender a demanda por carne/leite, acarretando em redução da emissão total de CH₄ mundial.

Contudo, há pouca informação disponível na literatura sobre as emissões de CH₄ de novilhas Holandês × Zebu consumindo dietas compostas por forrageiras típicas de um sistema de produção tropical associadas a baixos ou moderados níveis de concentrado. Assim, os resultados aqui apresentados podem ser usados para preencher as lacunas de conhecimento ainda existentes do atual impacto da pecuária tropical sobre as mudanças climáticas globais. Contudo, em virtude da gama de sistemas produtivos adotados nessas regiões, mais informações ainda precisam ser coletadas sobre diferentes sistemas de manejo e regime alimentares a fim de que sejam desenvolvidas estimativas mais acuradas do verdadeiro comportamento das emissões de CH₄ nos trópicos.

Balço de energia

Os consumos de energia (bruta, digestível e metabolizável) seguiram o mesmo comportamento do consumo de matéria seca, o qual foi influenciado tanto pelo tipo de volumoso oferecido quanto pelo nível de concentrado na dieta (Tabela 8). Os consumos de energia bruta (CEB) e energia metabolizável (CEM) foram maiores ($P < 0,05$) para os animais alimentados com silagem de milho em relação aos alimentados com cana-de-açúcar e para as dietas com 50% de concentrado em relação àquelas com 30% (Tabela 8). Por outro lado o consumo de energia digestível (CED) foi afetado apenas pelo nível de concentrado na dieta, sendo este maior para os animais alimentados com as dietas contendo 50% de concentrado ($P < 0,05$).

Tabela 8 - Efeito do tipo de volumoso e nível de concentrado sobre o consumo e as perdas energéticas e eficiência do uso da energia em novilhas Holandês × Zebu

Variáveis	Dietas				EPM	Valor P		
	Cana-de-açúcar		Silagem de milho			V	C	V x C
	70:30	50:50	70:30	50:50				
Consumo de energia (Mcal/dia)								
EB ¹	28,5	39,9	37,4	43,5	2,63	0,043	0,008	0,357
ED ²	21,4	30,1	26,5	33,2	2,09	0,082	0,004	0,625
EM ³	17,4	25,8	23,3	28,7	1,85	0,044	0,004	0,467
Perdas energéticas (Mcal/dia)								
Fezes	7,2	9,8	10,9	10,3	0,648	0,010	0,170	0,044
Urina	1,63	1,90	1,73	2,06	0,381	0,751	0,460	0,946
CH ₄	2,18	2,46	1,52	2,44	0,159	0,066	0,004	0,075
Concentração de energia das dietas (Mcal/kgMS)								
EB ¹	4,11	4,34	4,35	4,11	-	-	-	-
ED ²	3,10	3,28	3,09	3,14	-	-	-	-
EM ³	2,52	2,81	2,71	2,71	-	-	-	-
Eficiência de utilização da energia								
ED:EB	0,746	0,755	0,710	0,762	0,0079	0,103	0,004	0,026
ED:NDT ⁴	4,02	3,84	4,80	4,43	0,131	<0,001	0,072	0,510
EM:EB	0,610	0,647	0,624	0,658	0,0171	0,507	0,069	0,925
EM:ED	0,853	0,860	0,875	0,865	0,0062	0,062	0,800	0,220

¹Energia bruta; ²Energia digestível; ³Energia metabolizável; ⁴Relação entre ED e nutrientes digestíveis totais.

Houve interação (P<0,05) entre o tipo de volumoso e o nível de concentrado para as perdas energéticas fecais e para eficiência de conversão da energia bruta em energia digestível (ED:EB), cujos desdobramentos se encontram na Tabela 9. Observou-se diferença entre os animais alimentados com cana-de-açúcar, onde maiores perdas energéticas fecais foram obtidas para aqueles consumindo a dieta com 50% de concentrado (P<0,05). Comparando-se os volumosos dentro de um mesmo nível de concentrado, os animais alimentados com cana-de-açúcar apresentaram menores (P<0,05) perdas energéticas fecais que aqueles alimentados com silagem de milho, ambos com 30% de concentrado. Desse modo, em concordância com o observado para as perdas energéticas fecais, os animais alimentados com silagem de milho diferiram quanto à eficiência de utilização da energia bruta (ED:EB), sendo maiores ED:EB observadas para os animais alimentados com 50% de concentrado (P<0,05). Além disso, comparando-se os volumosos, ambos com 30% de concentrado, maiores ED:EB foram obtidas para os animais alimentados com cana-de-açúcar (P<0,05).

Tabela 9 - Desdobramento do efeito de interação entre o tipo de volumoso e nível de concentrado sobre a perda energética fecal e eficiência de conversão da energia bruta em energia digestível (ED:EB) em novilhas Holandês × Zebu

Concentrado	Volumoso	
	Cana-de-açúcar	Silagem de milho
	Perda energética fecal (Mcal/dia)	
30	7,2Bb	10,9Aa
50	9,8Aa	10,3Aa
	ED:EB	
30	0,746Aa	0,710Bb
50	0,755Aa	0,762Aa

Médias seguidas de mesma letra na coluna (maiuscula) e linha (minúscula) não diferem entre si ($P < 0,05$).

A energia perdida nas fezes é a mais variável das perdas entre alimentos. Perdas energéticas fecais podem variar desde valores próximos de 0 a quase 100% da energia bruta consumida (Schneider, 1947). Reduções nas digestibilidades são observadas em maiores níveis de consumo, devido às maiores taxas de passagem, levando à maior recuperação de energia não utilizada nas fezes. De acordo com Tyrrell & Moe (1975), a taxa de redução na digestibilidade é maior para dietas contendo maiores proporções de concentrado, sendo esse efeito menos pronunciado para dietas à base de silagem milho.

A perda de energia via urina não foi influenciada pelos fatores avaliados ($P > 0,05$), sendo em média 1,83 Mcal/dia. Kurihara et al. (1999) também não encontraram diferença significativa para perda energética via urina ao avaliar o balanço energético de novilhas da raça Brahman alimentadas com forrageiras tropicais ou dieta de alto grão, obtendo valor médio de 3,6 MJ/100MJ. Fato também reportado por Hales et al. (2014), ao avaliar o metabolismo energético de dietas usadas em confinamento, onde aplicou-se aumento crescente no nível de volumoso. Assim, mesmo com grandes variações na composição da dieta, as perdas energéticas via urina são geralmente constantes, não influenciando significativamente o balanço energético.

Maiores perdas energéticas via gases (CH_4) foram observadas para os animais alimentados com as dietas contendo 50% de concentrado em relação aos alimentados com dietas contendo 30% ($P < 0,05$). O maior aporte de nutrientes (Tabela 3) permitiu maior disponibilidade de substratos para a fermentação ruminal e conseqüentemente maior produção de CH_4 .

A relação entre energia digestível e nutrientes digestíveis totais (ED:NDT) foi influenciada pelo tipo de volumoso oferecido, sendo maiores relações observadas para as dietas à base de silagem de milho ($P < 0,05$). Os valores observados para as dietas à base de

cana-de-açúcar que, em média foram 3,93 Mcal/kg NDT, estão abaixo do fator fixo de conversão usado pelo NRC (2001), de 4,409 Mcal/kg NDT.

As eficiências de conversão da EB em EM (EM:EB) e da ED em EM (EM:ED) não foram influenciadas pelos fatores em estudo (tipo de volumoso e níveis de concentrado na dieta), sendo aproximadamente 63 e 86%, respectivamente. Possivelmente, a influência unidirecional dos fatores em estudo tanto no consumo de energia quanto nas perdas energéticas fizeram com que diferenças significativas não tenham sido observadas entre as dietas para as eficiências de utilização da energia. No entanto, o valor médio observado para EM:ED está acima dos coeficientes de conversão propostos pelos principais sistemas de avaliação de alimentos e exigências nutricionais de ruminantes (ARC, 1980; NRC, 2000 e NRC, 2001), 80, 82 e 82%, respectivamente. Hales et al. (2014) também apontaram valores de EM:ED superiores aos descritos na literatura, variando de 89 a 92%.

Essa diferença entre valores para a EM:ED pode ser devido a muitos fatores, desde aqueles atribuídos às diferenças entre animais e dieta (NRC, 2000) até mesmo aqueles relacionados a obtenção dos dados (Hales et al., 2014). No presente experimento, foram utilizados animais e dietas típicas de um sistema de criação em clima tropical, que não estão inclusos no banco de dados dos principais sistemas de avaliação de alimentos já mencionados. Adicionalmente, esses fatores de conversão vêm sendo utilizados e considerados como absolutos há muito tempo, desconsiderando que incrementos nas características genéticas dos bovinos ocorreram e podem também contribuir para maiores EM:ED.

No Brasil, os valores nutricionais dos alimentos, em termos líquidos e metabolizáveis, que são utilizados para a formulação de dietas ainda são estimados com base em equações propostas por outros sistemas de avaliação de alimentos e exigências nutricionais (ARC, 1980; NRC 2000; NRC, 2001; entre outros), que foram gerados sob condições de clima temperado e utilizando alimentos e animais típicos dessa região que não representam as condições de criação aqui encontradas. Enfatiza-se o fato de que esses valores devam ser revistos e novamente determinados para as nossas condições, visto que, o uso errôneo dessa conversão, quando a situação alimentar e o tipo de animal não representam aqueles nos quais foram gerados, pode levar a erros sistêmicos tanto no processo de determinação das exigências nutricionais dos animais quanto no balanceamento de rações.

Conclusão

Dietas à base de silagem de milho permitem melhor desempenho para novilhas Holandês × Zebu em relação às dietas utilizando cana-de-açúcar, assim como o aumento no nível de concentrado também melhora o desempenho de animais em crescimento. De modo geral o aumento no nível de concentrado nas dietas à base de cana-de-açúcar permite melhora nas emissões de metano por unidade consumida ou por unidade de ganho, no entanto, os resultados positivos não foram suficientemente grandes a ponto de se igualar àqueles obtidos quando se utiliza a silagem de milho. A eficiência de conversão da energia digestível em energia metabolizável é de aproximadamente 86%.

Literatura citada

- AGRICULTURAL RESEARCH COUNCIL - ARC. The Nutrient Requirements of Ruminant Livestock. London: Agricultural Research Council. The Gresham Press, 1980. 351p.
- AROEIRA, L. J. M.; LOPES, F. C. F.; DAYRELL, M. S.; LIZIEIRE, R. S.; TORRES, M. P. Digestibilidade, degradabilidade e taxa de passagem da cana-de-açúcar mais ureia e do farelo de algodão em vacas mestiças Holandês x Zebu em lactação. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 24, p. 1016 – 1026, 1995.
- AZEVÊDO, J. A. G.; VALADARES FILHO, S. C.; PINA, D. S.; DETMANN, E.; VALADARES, R. F. D.; PEREIRA, L. G. R.; SOUZA, N. K. P.; COSTA E SILVA, L. F. Consumo, digestibilidade total, produção de proteína microbiana e balanço de nitrogênio em dietas com subprodutos de frutas para ruminantes. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 40, p. 1052 – 1060, 2011.
- BACH, A.; YOON, I.K.; STERN, M.D. et al. Effects of type of carbohydrate supplementation to lush pasture on microbial fermentation in continuous culture. *Journal of Dairy Science*, v.82, p.153-160, 1999.
- BACKES, A. A.; PAULINO, M. F.; ALVES, D. D.; RENNÓ, L. N; VALADARES FILHO, S. C.; LANA, R. P. Tamanho relativo dos órgãos internos e do trato gastrointestinal de bovinos Zebu e mestiços leiteiros em sistema de recria. *Ciência Rural*, v. 36, p. 594 - 598, 2006.
- BARBOSA, A. M.; VALADARES, R. F. D.; VALADARES FILHO, S. C., PINA, D. S., DETMANN, E.; LEÃO, M. I. Endogenous fraction and urinary recovery of purine derivatives obtained by different methods in Nellore cattle. *Journal of Animal Science*, v. 89, p. 510 – 519, 2011.
- BEAUCHEMIN, K. A.; KREUZER, M.; O'MARA, F.; McALLISTER, T. A. Nutritional management for enteric methane abatement: a review. *Animal Production Science*, v. 48, p. 21 - 27, 2008.
- BELL, M. J.; WALL, E.; SIMM, G.; RUSSEL, G. Effects of genetic line and feeding system on methane from dairy systems. *Animal Feed Science and Technology*, v. 166 – 167, p. 669 – 707, 2011.
- BERCHIELLI, T.T.; PEDREIRA, M.S.; OLIVEIRA, S.G. et al. Determinação da produção de metano e pH ruminal em bovinos de corte alimentados com diferentes relações volumoso:concentrado. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 40, 2003, Santa Maria. Anais... Santa Maria: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2003.
- BLAXTER, K. L.; CLAPPERTON, J. L. Prediction of amount of methane produced by ruminants. *British Journal of Nutrition*, v. 19, p. 511 – 522, 1965.

- CHEN, X. B.; GOMES, M. J. Estimation of microbial protein supply to sheep and cattle based on urinary excretion of purine derivatives – an overview of technical details. Bucksburnd: Rowett Research Institute, International Feed Resources Unit, 1992. 21p.
- CHIZZOTTI, M. L.; VALADARES FILHO, S. C.; VALADARES, R. F. D.; CHIZZOTTI, F. H. M.; CAMPOS, J. M. S.; MARCONDES, M. I.; FONSECA, M. A. Consumo, digestibilidade e excreção de ureia e derivados de purina em novilhas de diferentes pesos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 35, p. 1813 – 1821, 2006.
- CLARK, J. H.; KLUSMEYER, T. H.; CAMERON, M. R. Microbial protein synthesis and flows of nitrogen fractions to the duodenum of dairy cows. *Journal of Dairy Science*, v. 75, p. 2304 – 2323, 1992.
- COLE, N. A.; GREENE, L. W.; McCOLLUM, F. T.; MONTGOMERY, T.; McBRIDE, K. Influence of oscillating dietary crude protein concentration on performance, acid-base balance, and nitrogen excretion of steers. *Journal of Animal Science*, v. 81, p. 2660 – 2668, 2003.
- COSTA, M. G.; CAMPOS, J. M. S.; VALADARES FILHO, S. C.; VALADARES, R. F. D.; MENDONÇA, S. S.; SOUZA, D. P.; TEIXEIRA, M. P. Desempenho produtivo de vacas leiteiras alimentadas com diferentes proporções de cana-de-açúcar e concentrado ou silagem de milho na dieta. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 34, p. 2437 – 2445, 2005.
- CZERKAWSKI, J. W.; BRECKENRIDGE, Grace. Fermentation of various soluble carbohydrates by rumen micro-organisms with particular reference to methane production. *British Journal of Nutrition*, v. 23, p. 925 - 937, 1969.
- DETMANN, E.; GIONBELLI, M. P.; HUHTANEN, P. A meta-analytical evaluation of the regulation of voluntary intake in cattle fed tropical forage-based diets. *Journal of Animal Science*, v. 92, p. 4632 – 4641, 2014.
- DETMANN, E, SOUZA, M. A., VALADARES FILHO, S. C., QUEIROZ, A. C, et al. Métodos para análises de alimentos. 1 ed. Visconde do Rio Branco, MG: Suprema Gráfica, 2012. 214p.
- DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S. C. On the estimation of non-fibrous carbohydrates in feeds and diets. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v.62, p. 980 – 984, 2010.
- DI MARCO, O.N. Crecimiento de vacunos para carne. Mar Del Plata: Oscar N. Di Marco, 1998. 246p.
- ELLIS, J. L.; KEBREAB, E.; ODONGO, N. E.; McBRIDE, B. W.; OKINE, E. K.; FRANCE, J. Prediction of methane emission from dairy and beef cattle. *Journal of Dairy Science*, v. 90, p. 3456 – 3467, 2007.

- FERNANDES, A. M.; QUEIROZ, A. C.; ANA, R. P.; PERREIRA, J. C.; CABRAL, L. S.; VITTORI, A.; PEREIRA, E. S. Estimativas da produção de leite por vacas holandesas mestiças, segundo o sistema CNCPS, em dietas contendo cana de açúcar com diferentes valores nutritivos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.30, p.1350 - 1357, 2001.
- FERREIRA, M. A., VALADARES FILHO, S. C., MUNIZ, E.B. Características das carcaças, biometria do trato gastrointestinal, tamanho dos órgãos internos e conteúdo gastrointestinal de bovinos Fi Simental x Nelore, alimentados com dietas contendo vários níveis de concentrado. *Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v.29, p. 1174 - 1182, 2000.
- FRANZOLIN, R.; FRANZOLIN, M. H. T.; População protozoários ciliados e degradabilidade ruminal em búfalos e bovinos zebuínos sob dietas à base de cana-de-açúcar. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 29, p. 1853 – 1861, 2000.
- FRIGGENS, N. C. OLDHAM, J. D.; DEWHURST, R. J.; HORGAN, G. Proportions of volatile fatty acids in relation to the chemical composition of feeds based on grass silage. *Journal of Dairy Science*, v. 81, p. 1331 - 1344, 1998.
- GALVÃO, J. G.; FONTES, C. A. A.; PIRES, C. C.; CARNEIRO, L. H. D. M.; QUEIROZ, A. C.; PAULINO, M. F. Características e composição física da carcaça de bovinos não-castrados, abatidos em três estágios de maturidade (estudo II) de três grupos raciais. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 20, p. 502 – 512, 1991.
- GRAINGER, C.; CLARKE, T.; MCGINN, S. M.; AULDIST, M. J.; BEAUCHEMIN, K. A.; HANNAH, M. C.; WAGHORN, G. C.; Clark, H.; ECKARD, R. J. Methane emissions from dairy cows measured using the sulfur hexafluoride (SF₆) tracer and chamber techniques. *Journal of Dairy Science*, v. 90, p. 2755 – 2766, 2007.
- HALES, K. E.; BROWN-BRANDL, T. M.; FREELY, H. C. Effects of decreased dietary roughage concentration on energy metabolism and nutrient balance in finishing beef cattle. *Journal of Animal Science*, v. 92, p. 264 - 271, 2014.
- HAMMOND, K. J.; MUETZEL, S.; WAGHORN, G. G.; PINARES-PATINO, C. S.; BURKE, J. L.; HOSKIN, S. O. The variation in methane emissions from sheep and cattle is not explained by the chemical composition of ryegrass. In: *Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production*. New Zealand Society of Animal Production, p. 174 – 178, 2009.
- HEGARTY, R. S. GOOPY, J. P.; HERD, R. M.; McCORKELL, B. Cattle selected for lower residual feed intake have reduced daily methane production. *Journal of Animal Science*, v. 85, n. 6, p. 1479-1486, 2007.
- HINDRICHSEN, I. K.; WETTSTEIN, H-R.; MACHMÜLLER, A.; KREUZER, M. Methane emission, nutrient degradation and nitrogen turnover in dairy cows and their slurry at different milk production scenarios with and without concentrate

- supplementation. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, v. 113, p. 150 – 161, 2006.
- HINDRICHSEN, I. K.; WETTSTEIN, H. R.; MACHMÜLLER, A.; SOLIVA, C. R.; BACH KNUDSEN, K. E.; MADSEN, J.; KREUZER, M. Effects of feed carbohydrates with contrasting properties on rumen fermentation and methane release in vitro. *Canadian journal of animal science*, v. 84, p. 265 - 276, 2004.
- JOHNSON, K. A.; JOHNSON, D. E. Methane emissions from cattle. *Journal of Animal Science*, v. 73, p. 2483 – 2492, 1995.
- JOHNSON, D. E.; HILL, T. M.; CARMEN, B. R.; BRANINE, M. E.; LODMAN, D. W.; WARD, G. M. New perspectives on ruminant methane emissions. *Energy metabolism of farm animals. EAAP*, p. 376 – 379, 1991.
- KURIHARA, M.; MAGNER, T.; HUNTER, R. A.; McCRABB, G. J. Methane production and energy partition of cattle in the tropics. *British Journal of Nutrition, Wallingford*, v.81, n.3, p.227-234, 1999.
- LANDELL, M.G.A.; CAMPANA, M.P.; RODRIGUES, A.A.A. et al. A variedade IAC 862480 como nova opção de cana-de-açúcar para fins forrageiros: manejo de produção e uso na alimentação animal. Campinas: IAC, 2002 (Boletim Técnico 193).
- MAGALHÃES, A. L. R.; CAMPOS, J. M. S.; CABRAL, L. S.; MELLO, R.; FREITAS, J. A.; TORRES, R. A.; VALADARES FILHO, S. C.; ASSIS, A. J. Cana-de-açúcar em substituição à silagem de milho em dietas para vacas em lactação: parâmetros digestivos e ruminais. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.35, p.591 - 599, 2006.
- MARIZ, L. D. S. Desempenho, produção de metano entérico e avaliação de locais para a estimativa da digestibilidade ruminal de bovinos alimentados com dietas à base de cana-de-açúcar e silagem de milho. *Dissertação (Mestrado em Nutrição e Produção de Ruminantes) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG. 98 p., 2012.*
- MARTIN, C.; MORGAVI, D. P.; DOREAU, M. Methane mitigation in ruminants: from microbe to the farm scale. *Animal*, v. 4, p. 351 - 365, 2010.
- MEISSNER, H. H.; SMUTS, M.; COERTZE, R. J. Characteristics and efficiency of fastgrowing feedlot steers fed different dietary energy concentration. *Journal of Animal Science*, v. 73, p. 931 – 936, 1995.
- MENEZES, G. C. C.; VALADARES FILHO, S. C.; MAGALHÃES, F. A.; VALADARES, R. F. D.; PRADOS, L. F.; DETMANN, E.; PEREIRA, O. G.; LEÃO, M. I. Intake and performance of confined bovine fed fresh or ensilaged sugar cane based diets and corn silage. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 40, p. 1095 – 1103, 2011.
- MOSS, A. R.; GIVENS, D. I. The effect of supplementing grass silage with soya bean meal on digestibility, in sacco degradability, rumen fermentation and methane

- production in sheep. *Animal Feed Science and Technology*, v.97, n.3, p.127-143. 2002.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. Nutrient requirements of dairy cattle. 7. ed. Washington, D. C.: National Academic Press, 2001. 381p.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. Nutrient requirements of beef cattle. 7.ed. Washington, D.C.: 2000. 242p.
- PICKERING, N. K.; CHAGUNDA, M. G. G.; BANOS, G.; MRODE, R.; McEWAN, J. C.; WALL, E. Genetic parameters for predicted methane production and laser methane detector measurements. *Journal of animal science*, v. 93, p. 11 - 20, 2015.
- PINARES-PATIÑO, C. S.; LASSEY, K. R.; MARTIN, R. J.; MOLANO, G.; FERNANDEZ, M.; MACLEAN, S.; SANDOVAL E.; LUO, D.; CLARK, H. Assessment of the sulphur hexafluoride (SF6) tracer technique using respiration chambers for estimation of methane emissions from sheep. *Animal Feed Science and Technology*, v. 166 - 167, p. 201 – 209, 2011.
- PRESTON, T. R.; WILLIS, M. B. Intensive beef production. 2. Ed. Oxford, Pergamon Press, 1974. 546p.
- RAMIN, M.; HUHTANEN. Development of equations for predicting methane emissions from ruminants. *Journal of Dairy Science*, v. 96, p. 1 – 18, 2013.
- RANGEL, A. H. N; CAMPOS, J. M. S.; OLIVEIRA, A. S., VALADARES FILHO, S. C.; ASSIS, A. J.; SOUZA, S. M. Desempenho e parâmetros nutricionais de fêmeas leiteiras em crescimento alimentadas com silagem de milho ou cana-de-açúcar com concentrado. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 39, p. 2618 – 2526, 2010.
- REYNOLDS, C. K.; CROMPTON, L. A.; MILLS, J. A. N. Improving the efficiency of energy utilisation in cattle. *Animal Production Science*, v. 51, p. 6 - 12, 2011.
- RIVERA, A. R.; BERCHIELLI, T. T.; MESSANA, J. D.; VELASQUEZ, P. T.; FRANCO, A. V. M.; FERNANDES, L. B. Fermentação ruminal e produção de metano em bovinos alimentados com feno de capim-tifton 85 e concentrado com aditivos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 39, p. 617 - 624, 2010.
- ROTTA, P. P.; VALADARES FILHO, S. C.; ENGLE, T. E.; COSTA E SILVA, L. F.; SATHLER, D. F. T.; PRADO, I. N.; BONAFÉ, E. G.; ZAWADZKI, F.; VISENTAINER, J. V. The impact of dietary sugarcane addition to finishing diets on performance, apparent digestibility, and fat acid composition of Holstein x Zebu bulls. *Journal of Animal Science*, v. 92, p. 2641 – 2653, 2014.
- SCHNEIDER, B. H. Feeds of the world; their digestibility and composition. West Virginia Agric. Exp. Stn. Morgantown, 1947, 299p.
- SHIBATA, M.; TERADA, F. Factors affecting methane production and mitigation in ruminants. *Animal Science Journal*, v. 81, p. 2 – 10, 2010.

- SILVA, F.F.; VALADARES FILHO, S.C.; ÍTAVO, L.C.V.; VELOSO, C.M.; PAULINO, M.F.; VALADARES, R.F.D.; CECOM, P R.; SILVA, PA ; GALVÃO, R.M. Consumo, desempenho, características de carcaça e biometria do trato gastrintestinal e dos órgãos internos de novilhos Nelore recebendo dietas com diferentes níveis de concentrado e proteína. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.31, p. 1849 - 1864, 2002.
- SUTTON, J. D. The fermentation of soluble carbohydrates in rumen contents of cows fed diets containing a large proportion of hay. *British Journal of Nutrition*, v. 22, p. 689 - 712, 1968.
- TYRELL, H. F.; MOE, P. W. Effect of intake on digestive efficiency. *Journal of Dairy Science*, v. 58, p. 1151–1163, 1975.
- VALADARES FILHO, S. C.; MARCONDES, M .I.; CHIZZOTTI, M. L; PAULINO, P. V. R. Exigências Nutricionais de Zebuínos Puros e Cruzados - BR CORTE. 2. ed. Viçosa, MG. Suprema Gráfica Ltda., 2010. 193p.
- VALVASORI, E.; LAVEZZO, W.; LUCCI, C. S.; MELLOTTI, L.; WECHSLER, F. S.; CASTRO, A. L. Degradação ruminal e digestibilidade em ruminantes alimentados com cana-de-açúcar como substituto da silagem de milho. *Boletim de Indústria Animal*, v. 59, p. 31- 43, 2002.
- VAN SOEST, P.J. Nutritional ecology of the ruminant. 2.ed. Ithaca: Cornell University Press, 1994. 476 p.
- WHITLOCK, Brian K. et al. Effect of dietary protein on prepubertal mammary development in rapidly growing dairy heifers. *Journal of dairy science*, v. 85, p. 1516 - 1525, 2002.
- WOLIN, M. J. A theoretical rumen fermentation balance. *Journal of Dairy Science*, v. 43, p. 1452 - 1459, 1960.
- WRIGHT, A.D.G; KENNEDY, P.; O'NEILL, C.J.; TOOVEY, A.F.; POPOVSKI, S.; REA, S.M.; PIMM, C.L.; KLEIN, L. Reducing methane emissions in sheep by immunization against rumen methanogens. *Vaccine*, v.22, p.3976-3985, 2004.
- YAN, T.; AGNEW, R. E.; GORDON, F. J.; PORTER, M. G. Prediction of methane energy output in dairy and beef cattle offered grass silage-based diets. *Livestock Production Science*, v. 64, p. 253 – 263, 2000.

Capítulo 2

Metabolismo proteico muscular e exigências nutricionais de energia e proteína para novilhas Holandês × Zebu

RESUMO: Objetivou-se estimar as exigências nutricionais de energia e proteína bem como as eficiências de utilização da energia e proteína metabolizável para ganho e estimar as taxas de síntese, degradação e acréscimo da proteína muscular de novilhas Holandês × Zebu. Foi realizado um experimento com 20 novilhas F1 Holandês × Zebu, com peso inicial de $218 \pm 36,5$ kg e idade média de 12 ± 1 meses. Quatro novilhas foram designadas ao grupo referência e as dezesseis restantes foram alimentadas *ad libitum*, às quais foram distribuídas as dietas em delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 2×2 , sendo dois volumosos (silagem de milho e cana-de-açúcar) e dois níveis de concentrado (30 e 50%) com base na matéria seca total das dietas, durante 112 dias. Ao final do experimento, todos os animais foram abatidos para determinação do peso de corpo vazio (PCVZ) e composição corporal. As exigências de energia líquida para ganho (EL_g) foram obtidas em função do peso de corpo vazio (PCVZ) e do ganho de PCVZ (GPCVZ). Já as exigências líquidas de proteína para ganho (PL_g) foram estimadas em função do GPCVZ e da energia retida (ER). As taxas fracionais de síntese (FSR), degradação (FDR) e acréscimo (FAR) da proteína miofibrilar foram calculadas a partir da excreção urinária de 3-metil-histidina (3MH), conteúdo de 3MH e proteína muscular e ganho diário de proteína muscular. As equações obtidas para estimação das exigências líquidas de energia (EL_g) e proteína (PL_g) para ganho de peso foram: EL_g (Mcal/dia) = $0,0685 \times PCVZ^{0,75} \times GPCVZ^{1,095}$ e PL_g (g/dia) = $203,8 \times GPCVZ - 14,80 \times ER$, respectivamente. As eficiências de utilização da energia (k_g) e proteína metabolizável (k) para ganho foram de 40,8 e 25,2%, respectivamente. As FSR e FDR não foram influenciadas ($P > 0,05$) pelo tipo de volumoso ou nível de concentrado, contudo, os animais alimentados com dietas contendo 50% de concentrado apresentaram maior ($P < 0,05$) excreção diária de 3MH, massa de proteína no músculo esquelético final e relação FSR:FDR. Os animais alimentados com dietas à base de silagem de milho ou com dietas contendo 50% de concentrado apresentaram maior ($P < 0,05$) ganho de proteína muscular (GPM) e conseqüentemente, FAR quando comparados aos alimentados com cana-de-açúcar ou dietas contendo 30% de concentrado ($P < 0,05$), respectivamente. Portanto, conclui-se que as exigências líquidas de energia e proteína para ganho de peso de novilhas Holandês × Zebu podem ser estimadas através das equações EL_g (Mcal/dia) = $0,0685 \times PCVZ^{0,75} \times GPCVZ^{1,095}$ e PL_g (g/dia) = $203,8 GPCVZ - 14,80 \times ER$, respectivamente. As k_g e k são, respectivamente, 40,8 e

25,2%. As FSR e FDR de novilhas Holandês × Zebu em crescimento não são influenciadas pelo tipo de volumoso ou nível concentrado utilizado nas dietas. Contudo, a FAR é maior quando os animais são alimentados com dietas de melhor qualidade, resultando em maiores ganhos absolutos de proteína muscular.

Palavras chave: eficiência, energia líquida, energia metabolizável, *turnover* proteico

Muscle protein metabolism and dietary requirements of energy and protein for growing crossbred Holstein × Zebu heifers

ABSTRACT: The aim of this study was to determine energy and protein requirements for weight gain, as well as their efficiency, and also estimate synthesis, breakdown and growth rates of muscle protein of crossbred Holstein × Zebu heifers. The experiment was realized using a comparative slaughter technique. We used 20 F1 crossbred Holstein × Zebu heifers with an initial body weight of 218±36.5 kg and a mean age of 12±1 months. Four heifers were slaughtered to make up the reference group and the sixteen others were distributed in a completely randomized design, 2 × 2 factorial arrangement, two roughage (corn silage and sugar cane) and two concentrate levels (30 to 50%) on dry matter basis (DM) of total diet, during 112 days. At the end of the experiment, all animals were slaughtered to determine the empty body weight (EBW) and body composition. The net energy requirements for gain (NE_g) were obtained as a function of empty body weight (EBW) and gain of EBW (EBG). The net protein requirements for gain (NP_g) were estimated as a function of EBW gain and retained energy (RE). The fractional synthesis (FSR), breakdown (FBR) and growth (FGR) rate of myofibrillar protein were calculated by urinary 3-methyl-histidine (3MH) excretion, 3MH and muscle protein content, and muscle protein daily gain. The equations obtained to net energy (NE_g) and net protein (NP_g) requirements for gain were: NE_g (Mcal/day) = 0.0685 × EBW^{0.75} × EBG^{1.095} and NP_g (g/day) = 203.8 × EBG - 14.80 × RE, respectively. The efficiency of utilization of metabolizable energy (k_g) and protein (k) for gain were 40.8 and 25.2%, respectively. The fractional synthesis (FSR) and breakdown (FBR) rates were not influenced (P>0.05) by roughage type or concentrate level, however, animals fed diets with 50% of concentrate had higher (P<0.05) daily 3-methyl-histidine excretion, final muscle protein and FSR:FBR ratio. Heifers fed corn silage (CS) diets or with 50% of concentrate had higher muscle protein gain and consequently, fractional growth rate (FGR) than those fed sugar cane (SC) diets or with 30% of concentrate (P<0.05), respectively. It is concluded that the net energy and protein requirements for gain of crossbred Holstein × Zebu heifers can be obtained by the equations: NE_g (Mcal/day) = 0.0685 × EBW^{0.75} × EBG^{1.095} and NP_g (g/day) = 203.8 × EBG - 14.80 × RE, respectively. The k_g and k are, respectively, 40.8 and 25.2%. The FSR and FBR of crossbred Holstein × Zebu heifers are not influenced by roughage type or concentrate level, however, the FGR is increased when these animals are fed with better quality diets, resulting in greater muscle protein gain.

Keywords: deposition, efficiency, liquid energy, metabolizable energy, protein *turnover*

Introdução

O conhecimento da composição dos alimentos disponíveis no Brasil e das exigências nutricionais dos animais aqui criados é condição essencial para a melhoria no desempenho produtivo do rebanho nacional. Nesse contexto, várias pesquisas foram conduzidas a fim de estimar as exigências nutricionais de bovinos em condições brasileiras, cujos dados serviram de base para a criação das Tabelas Brasileiras de Exigências Nutricionais de Zebuínos (BR CORTE; Valadares Filho et al., 2010). Contudo, o BR CORTE apresenta baixo número de dados oriundos de experimentos com animais mestiços, havendo, carência de informações sobre animais de origem leiteira, especialmente fêmeas e seus cruzamentos com zebuínos. Como consequência desta escassez de dados, as exigências nutricionais obtidas em outros países (ARC, 1980; AFRC, 1993; NRC, 2001; CSIRO, 2007; INRA, 2007), principalmente naqueles de clima predominantemente temperado, ainda são amplamente utilizadas para o balanceamento de rações em condições tropicais.

O músculo esquelético é o principal depósito de proteína em bovinos e funciona como reserva para o metabolismo do organismo (Daniel et al., 1977). Porém, esse depósito proteico é dinâmico, onde as proteínas celulares estão em contínua degradação e renovação (*turnover*) por proteínas recentemente sintetizadas (Hawkins, 1991). O acréscimo de proteína muscular é definido como a diferença líquida entre a síntese e a degradação proteica e, em geral, este processo envolve gasto energético (Harris & Milne, 1981). Desse modo, a descrição do *turnover* é essencial para o conhecimento fisiológico e bioquímico da deposição do tecido muscular e conseqüentemente, manipulação do crescimento.

O *status* nutricional tem um importante impacto sobre a taxa de *turnover* proteico muscular, sendo que alterações na dieta com relação à disponibilidade dos alimentos podem afetar a eficiência de produção (Byers, 1980). O consumo de dietas de pior qualidade, não balanceadas, deficientes em algum nutriente promove diminuição nas taxas de *turnover* proteico (Garlick et al., 1975; Millward et al., 1975) e conseqüentemente, menores taxas de ganho são alcançadas.

Embora a cana-de-açúcar seja historicamente rotulada como um volumoso de baixa qualidade, deficiente em proteína e minerais (Leng, 1988), estudos apontam que o incremento de 20% no nível de concentrado nessas dietas permite a correção dessas deficiências, levando-as a se igualarem em termos qualitativos àquelas compostas por silagem de milho (Costa et al., 2005; Rotta et al., 2014), que é considerada volumoso padrão.

Tem-se como hipótese que o incremento de 20% no nível de concentrado nas dietas à base de cana-de-açúcar permite incremento no *turnover* proteico de novilhas Holandês × Zebu. Portanto, objetivou-se estimar as exigências nutricionais de energia e proteína, bem como suas eficiências de utilização para ganho, e as taxas de síntese, degradação e acréscimo da proteína muscular de novilhas Holandês × Zebu.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido no confinamento animal do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG. Os procedimentos de cuidado aos animais durante o experimento seguiram os protocolos aprovados pelas normas da Comissão de Ética no uso de Animais de Produção (CEUAP) sob o protocolo 95/2014.

Manejo animal, delineamento experimental e dietas

Foram utilizadas 20 novilhas F1 Holandês × Zebu com idade média de 12±1 meses e peso corporal médio de 218±36,5 kg. O experimento foi realizado utilizando o delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 2 × 2, com dois volumosos (silagem de milho e cana-de-açúcar) e dois níveis de concentrado (30 e 50% com base na matéria seca total da dieta). A duração total do experimento foi de 112 dias divididos em quatro períodos experimentais de 28 dias cada. Ressalta-se que, para os estudos das exigências nutricionais, o delineamento experimental digna-se somente a promover aos animais maior amplitude de consumo e deposição de nutrientes, uma vez que estas são obtidas através de equações de regressão.

Os animais foram confinados em baias coletivas com piso de concreto, com área total de aproximadamente 45 m², providas de comedouros eletrônicos (Intergado Ltd., Contagem, Minas Gerais, Brasil) e bebedouros de concreto. As novilhas foram submetidas a um período de adaptação de 30 dias ao local do experimento, quando foram identificadas e tratadas contra ecto e endoparasitas. Após esse período, os animais foram pesados em jejum de sólidos por 14 horas e aleatoriamente distribuídos em dois grupos: referência (4 animais) e alimentados à vontade (16 animais). Os quatro animais designados ao grupo referência foram abatidos ao início do experimento para posterior estimação do peso e composição do corpo vazio dos animais que permaneceriam no experimento. As novilhas que foram designadas a receberem alimentação à vontade foram novamente distribuídas

aleatoriamente em quatro grupos, com quatro animais cada, aos quais foram aleatoriamente distribuídas cada uma das dietas experimentais.

A silagem de milho foi coletada em silo tipo trincheira uma hora antes do fornecimento aos animais e a cana-de-açúcar (planta inteira) foi colhida e triturada diariamente antes do arração. Foi utilizada uma mistura de ureia + sulfato de amônio (9:1) para elevar os teores de proteína bruta dos volumosos para 13,5% (com base na matéria seca). A silagem de milho e a cana-de-açúcar tiveram a matéria seca avaliada semanalmente para ajustar a quantidade fornecida aos animais de concentrado e da mistura ureia + sulfato de amônio, sendo essa avaliação realizada, em duplicada, de acordo com as recomendações de Detmann et al. (2012). Um único concentrado constituído de milho grão moído (38,82%), casca de soja (55%), farelo de soja (4,18%), sal comum (1%) e mistura mineral (1%) foi fornecido para todos os animais, cuja composição dos alimentos se encontra na Tabela 1.

Tabela 1 - Composição dos alimentos utilizados nas dietas experimentais

Alimentos	MS ¹	MO ²	PB ³	EE ⁴	FDN ⁵	CNF ⁶	FDNI ⁷
Cana de açúcar	274,96	973,61	27,51	16,16	481,35	448,59	151,67
Silagem de milho	296,07	931,10	68,11	25,48	515,59	321,93	111,10
Casca de soja	898,06	949,40	155,81	53,38	497,24	242,96	16,67
Farelo de soja	884,48	932,23	525,90	36,90	180,13	189,30	54,93
Milho	893,18	987,68	85,40	41,16	97,14	763,98	50,84
Mistura mineral	978,25	119,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Sal comum	990,14	3,96	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ureia + sulfato de amônio	989,34	998,55	2838,2	0,00	0,00	0,00	0,00

¹Matéria seca; ²Matéria orgânica; ³Proteína bruta; ⁴Extrato etéreo; ⁵Fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína bruta; ⁶Carboidratos não fibrosos; ⁷Fibra em detergente neutro indigestível corrigida para cinzas e proteína bruta.

As dietas experimentais (Tabela 2) foram calculadas a fim de fornecerem a mesma quantidade de proteína (aproximadamente 13,5%) e formuladas para ganho de aproximadamente 1,0 kg/dia de acordo com as recomendações de Valadares Filho et al. (2010).

Diariamente, os ingredientes de cada dieta foram misturados com o auxílio de uma betoneira elétrica, sendo as dietas completas fornecidas duas vezes ao dia (8h00 e 16h00), sendo que água estava permanentemente à disposição dos animais. Além disso, os alimentos foram amostrados e ajustados para que as sobras fossem o mínimo possível ('manejo do cocho limpo'), sendo as sobras existentes ofertadas com a dieta do dia seguinte.

Tabela 2 - Proporções dos alimentos no concentrado e nas dietas (% MS) e composição bromatológica do concentrado e das dietas na base da matéria seca

Itens	Concentrado	Cana-de-açúcar		Silagem de milho	
		70:30	50:50	70:30	50:50
		g/kg			
Volumoso	-	700*	500*	700#	500#
Casca de soja	550,0	165	275	165	275
Farelo de soja	41,8	12,5	20,9	12,5	20,9
Milho	388,2	116	194	116	194
Mistura mineral	10,0	3,0	5,0	3,0	5,0
Sal comum	10,0	3,0	5,0	3,0	5,0
		Composição bromatológica (g/kg)			
Matéria orgânica	946	965	960	934	938
Proteína bruta	141	137	138	142	141
Extrato etéreo	46,9	24,1	30,6	32,2	36,4
FDN ¹	319	426	398	459	422
Carboidratos não fibrosos	439	427	429	335	363
FDNi ²	31	145	112	110	87
Energia bruta (Mcal/kg)	-	4,11	4,34	4,35	4,11

*3,85% de ureia/sulfato de amônio + 96,15% de cana-de-açúcar; #2,68% de ureia/sulfato de amônio + 97,32% de silagem de milho; ¹Fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína bruta, ²Fibra insolúvel em detergente neutro indigestível.

Coleta de amostras de alimentos e ensaio de digestibilidade

Os volumosos foram amostrados diariamente e posteriormente acondicionados em freezer a -20°C. Semanalmente, uma amostra composta de silagem de milho e cana-de-açúcar foi submetida à secagem parcial em estufa de circulação forçada (55°C) e moída em moinho de facas (1 mm para análises químicas e 2 mm para determinação do conteúdo de fibra em detergente neutro indigestível). Posteriormente, a matéria seca total dessas amostras foi avaliada por meio da secagem em estufa a 105°C por 16 horas. Com base no teor de matéria seca da silagem de milho e da cana-de-açúcar oferecida, foram realizadas amostras compostas proporcionais à quantidade de volumoso oferecida para cada quatro semanas. Dessa forma, ao final do experimento obtiveram-se quatro amostras compostas de volumosos, sendo uma amostra composta para cada período experimental. Os ingredientes que compuseram o concentrado foram amostrados diretamente dos silos da fábrica de ração nos dias das misturas dos mesmos. Esses ingredientes foram analisados separadamente e formaram a composição de cada mistura de concentrado utilizada.

Para avaliação das digestibilidades dos constituintes das dietas e determinação das perdas energéticas via fezes e urina foi realizado um ensaio de digestibilidade na última semana do experimento, onde foram coletadas as excreções totais de fezes e urina durante três dias consecutivos. Para isso, logo após os 112 dias de avaliação do desempenho, os

animais foram transferidos para sistema *Tie Stall*, onde permaneceram durante sete dias para a avaliação da digestibilidade. Ao final de cada dia de coleta, as fezes foram pesadas, homogeneizadas e uma amostra foi retirada. Esta amostra foi pesada e processada conforme descrito para as amostras de volumosos. Posteriormente, foi elaborada uma amostra composta por animal, com base no peso seco de cada dia de coleta. Para o cálculo das digestibilidades dos constituintes das dietas considerou-se somente o consumo de alimentos obtido na última semana do experimento.

A coleta total de urina foi realizada com auxílio de sondas de *Folley*, número 24, duas vias, com balão de 30 mL, que foram inseridas diretamente na bexiga das novilhas, conectadas a mangueira de polietileno, que conduziu a urina até galões plásticos mantidos em caixas de isopor com gelo, a fim de reduzir a perda de nitrogênio via amônia. Ao final de cada dia de coleta, foram quantificados o peso e o volume total excretados. Posteriormente, o conteúdo do galão foi homogeneizado sendo retirada uma amostra, que foi diluída em ácido sulfúrico 0,036 N (proporção 1:4), para evitar destruição bacteriana da alantoína e ácido úrico. Outra amostra, sem diluição, foi coletada para quantificação da concentração de energia bruta e 3-metil-histidina (3MH). As amostras foram armazenadas a -80°C para posteriores análises laboratoriais.

Pesagem, processo de abate e coleta de amostras de conteúdo corporal

Os animais foram pesados ao início e fim do experimento com e sem jejum de sólidos por 14 horas para avaliação da relação entre o peso corporal (PC) e peso corporal em jejum (PCJ).

Ao final do experimento, todos os animais foram abatidos nas instalações da Universidade Federal de Viçosa. Foram abatidos oito animais por dia, sendo os mesmos aleatoriamente selecionados para cada um dos dias de abate. O abate foi realizado via insensibilização e secção da jugular para sangramento total. O trato digestório (rúmen-retículo, omaso, abomaso e intestinos delgado e grosso) de cada animal foi esvaziado, lavado e pesado. Esse peso foi somado ao peso do coração, pulmões, fígado, baço, rins, gordura interna, diafragma, mesentério, cauda, esôfago, traquéia, aparelho reprodutor, cabeça, couro, pés, sangue e da carcaça para definição do PCVZ final dos animais.

O rúmen-retículo, omaso, abomaso, intestino delgado, intestino grosso, gordura interna, mesentério, fígado, coração, rins, pulmão, língua, baço, diafragma, esôfago, traquéia e aparelho reprodutor foram triturados em um *cutter* industrial por 20 minutos, de onde foi retirada amostra homogênea de vísceras e órgãos. O couro das patas e da cabeça de cada animal foi retirado e o restante triturado em moedor de osso para retirada de uma

amostra composta de membros e cabeça. Amostras de couro foram retiradas em vários pontos de toda sua extensão, a fim de representar a real composição desse componente corporal, e em seguida foi cortada manualmente em pequenos pedaços. As amostras de sangue foram coletadas imediatamente após o abate, e assim como as amostras de órgãos e vísceras, cabeça e membros, e couro foram acondicionadas em bandejas de alumínio e liofilizadas.

Após o abate, a carcaça de cada animal foi dividida em duas meias carcaças, que foram resfriadas em câmara fria a -5°C , por 18 horas. Decorrido este tempo, as meias carcaças foram retiradas da câmara fria, para pesagem e desossa completa da meia-carcaça esquerda. Os ossos, a carne e gordura foram moídos, amostrados e acondicionados em bandejas de alumínio para posteriormente serem liofilizadas.

Todas as amostras foram moídas em liquidificador industrial, com o uso de nitrogênio líquido. Foram constituídas duas amostras por animal, denominadas “carcaça” e “não carcaça”. A amostra carcaça foi constituída pelas amostras liofilizadas de ossos e carne e gordura, agrupadas de forma proporcional. A amostra não carcaça foi composta pelas amostras liofilizadas de sangue, cabeça e membros, órgãos e vísceras e couro também agrupadas de forma proporcional à que constituíam o animal.

Retirou-se também uma amostra do músculo *Longissimus dorsi* para a avaliação do teor proteico muscular.

Análises químicas e quantificação

As amostras de silagem de milho, cana-de-açúcar, ingredientes do concentrado e fezes foram quantificadas quanto aos teores de matéria seca (MS), matéria mineral (MM), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE) e fibra insolúvel em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína (FDN_{cp}) e fibra insolúvel em detergente neutro indigestível (FDNi) conforme técnicas descritas por Detmann et al. (2012). Nas amostras de carcaça e não carcaça foram determinados os teores de MS, PB, EE e MM conforme técnicas descritas por Detmann et al. (2012) para determinação da composição química PCVZ. Os carboidratos não fibrosos (CNF) foram calculados conforme o proposto por Detmann & Valadares Filho (2010), em que $\text{CNF} = 100 - [(\% \text{PB} - \% \text{PB derivado da ureia} + \% \text{ureia}) + \% \text{FDN}_{\text{cp}} + \% \text{EE} + \% \text{MM}]$. Os teores de nutrientes digestíveis totais (NDT) das dietas foram estimados através da soma dos nutrientes digestíveis, em que $\text{NDT} = \text{PBD} + 2,25 \times \text{EED} + \text{FDND} + \text{CNFD}$ (NRC, 2001).

Os consumos de matéria seca e dos nutrientes foram calculados de acordo com a quantidade de alimento ingerida diariamente, sendo elaborada uma média a cada período de 28 dias (período experimental). O consumo de proteína metabolizável (CPmet) foi obtido pela soma da proteína microbiana verdadeira digestível (PMVD) e consumo de proteína não degradável no rúmen digestível (PNDRD). O consumo de PMVD foi calculado utilizando-se os valores obtidos para a eficiência microbiana e o consumo de NDT e, considerando-se que a proteína bruta microbiana (Pmic) possui 80% de aminoácidos e que esses possuem coeficiente de digestibilidade de 80% (NRC, 2001). O consumo de PNDRD foi estimado a partir da diferença entre o consumo de PB e a Pmic, multiplicado pelo valor do seu coeficiente de digestibilidade intestinal, 80% (NRC, 2001).

Os conteúdos corporais de gordura e proteína foram quantificados em função das concentrações percentuais destes nas amostras de carcaça e não carcaça. A energia corporal retida foi obtida a partir dos teores corporais de proteína e gordura e seus respectivos equivalentes calóricos, conforme a equação preconizada pelo ARC (1980): $CE = 5,6405 X + 9,3929 Y$; em que CE = conteúdo energético (Mcal); X = proteína corporal (kg); Y = gordura corporal (kg).

Também foram calculadas as relações entre peso corporal (PC) e o peso corporal em jejum (PCJ); entre o PCVZ e o PCJ e entre o ganho médio diário (GMD) e o ganho de PCVZ (GPCVZ).

Para determinação da exigência de energia líquida para qualquer ganho de peso (ER), foi ajustada uma equação de regressão entre a energia retida (ER) e o GPCVZ, para determinado PCVZ metabólico ($PCVZ^{0,75}$), utilizando o seguinte modelo: $ER = a \times PCVZ^{0,75} \times GPCVZ^b$; em que ER = energia retida (Mcal/ $PCVZ^{0,75}$ /dia), $PCVZ^{0,75}$ = peso de corpo vazio metabólico ($kg^{0,75}$), GPCVZ = ganho de peso de corpo vazio (kg/dia).

A conversão dos valores das ER em exigência de energia metabolizável para ganho de peso (EMg) foi obtida dividindo-se o valor da ER pela eficiência de utilização da energia metabolizável para ganho (k_g). Por sua vez, a k_g foi calculada como sendo o coeficiente de inclinação da regressão estabelecida entre a energia retida no corpo do animal e o consumo de energia metabolizável, conforme descrito por Valadares Filho et al. (2010).

Para cálculo das exigências líquidas de proteína para qualquer ganho de peso (PR) foi ajustado o seguinte modelo envolvendo GPCVZ e a ER: $PR = \beta_1 \times GPCVZ + \beta_2 \times ER$; em que PR = proteína retida (g/dia), GPCVZ = ganho de peso de corpo vazio (kg/dia), ER = energia retida (Mcal/dia) e β_1 e β_2 serão parâmetros da regressão.

As exigências de proteína metabolizável para ganho (PMg) foram calculadas, dividindo-se as exigências líquidas de proteína para ganho pela eficiência de utilização da proteína metabolizável para ganho (k) conforme equação proposta por Valadares Filho et al. (2010), sendo que a k foi obtida através do ajuste de uma equação de regressão entre a proteína retida (g/PCVZ^{0,75}/dia) e o consumo de proteína metabolizável (g/PCVZ^{0,75}/dia), sendo esta eficiência o coeficiente de inclinação da reta.

O metabolismo da proteína muscular foi avaliado através do cálculo da taxa de degradação da proteína miofibrilar (FDR), da taxa fracional de síntese (FSR) e taxa fracional de acréscimo (FAR) (Gomes et al., 2013; Castro Bulle et al., 2007; Harris & Milne, 1981). A FDR foi determinada por meio da relação entre a excreção diária de 3MH na urina e a concentração da mesma no músculo esquelético, como descrito na equação: $FDR (\%/d) = [(3MH)/(MM \times PM \times 3,5106)] \times 100$; em que: FDR = taxa fracional de síntese da proteína miofibrilar (%/dia), 3MH = concentração de 3-metil-histidina na urina (μmol/dia), MM = massa muscular (kg), PM = conteúdo de proteína no músculo (g/kg) e 3,5106 = concentração de 3-metil-histidina no músculo (μmol/g de proteína no músculo).

A concentração de 3MH na urina foi quantificada em laboratório comercial (CBO Análises Laboratoriais, Campinas, São Paulo) utilizando cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC). Para o cálculo da FDR, assumiu-se que a concentração de 3MH no músculo esquelético é de 3,5106 μmol/g de proteína no músculo (Nishizawa et al., 1979), sendo o teor de proteína muscular determinado pela análise de proteína bruta conforme técnica descrita por Detmann et al. (2012) em amostra de músculo retirada do *Longissimus dorsi*.

A massa de músculo esquelético foi calculada multiplicando-se a proporção de músculo na carcaça (%) pelo peso da carcaça (kg), sendo que a proporção de músculo na carcaça foi estimada através da composição dos corte da seção constituída entre a 9^a, 10^a e 11^a costelas (seção HH), em virtude de não ter sido feita a separação física de músculo e gordura, utilizando-se a equação sugerida por Marcondes et al. (2012) para fêmeas cruzadas: $\%Mcarcaça = 54,42 + 0,26 \times \%MusHH - 1,28 \times \%GV$; em que: $\%Mcarcaça$ = proporção de músculo na carcaça (%), $\%MusHH$ = proporção de músculo na seção entre as 9^a, 10^a e 11^a costelas (%) e $\%GV$ = proporção de gordura visceral (%).

A FAR foi estimada através da relação entre o ganho de proteína muscular (GPM) e a massa muscular esquelética: $FAR (\%/dia) = (GPM/PMM) \times 100$; em que: FAR = taxa fracional de acréscimo da proteína miofibrilar (%/dia), GPM = ganho de proteína muscular (g/dia) e PMM = proteína muscular média (g). Sendo o GPM calculado pela diferença entre o conteúdo de proteína muscular esquelética final e inicial dividido pelo número de

dias que o animal ficou em experimento: $GPM \text{ (g/dia)} = (MMF \times PMf - MMI \times PMi) / \text{dias de experimento}$; em que: GPM = ganho de proteína muscular (g/dia), MMF = massa muscular final (kg), PMf = proteína no músculo final (g), MMI = massa muscular inicial (kg) e PMi = proteína no músculo inicial (g).

Desse modo, A FSR foi calculada através da soma entre a FDR e FAR: $FSR \text{ (%/dia)} = FDR + FAR$; em que: FSR = taxa fracional de síntese da proteína miofibrilar (%/dia), FDR = taxa fracional de degradação da proteína miofibrilar (%/dia) e taxa fracional de acréscimo da proteína miofibrilar (%/dia).

Análises estatísticas

Os dados referentes às exigências nutricionais foram analisados como modelos lineares e não lineares construídos por meio do procedimento NLIN do SAS e REG do SAS (versão 9.3) respectivamente, sendo ajustados pelo método de Gauss-Newton. Os dados referentes ao *turnover* proteico foram analisados em delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 2 x 2, utilizando o procedimento PROC MIXED do SAS (versão 9.3). Para todas as comparações e testes, adotou-se 0,05 como nível crítico de probabilidade para o erro tipo I.

Resultados e Discussão

Exigências nutricionais

Peso corporal e peso corporal em jejum

Na Figura 1 está representada a regressão linear entre o peso corporal em jejum (PCJ) e o peso corporal (PC). A relação média entre o PCJ e o PC foi de 0,9761, sendo essa relativamente constante para os diferentes pesos.

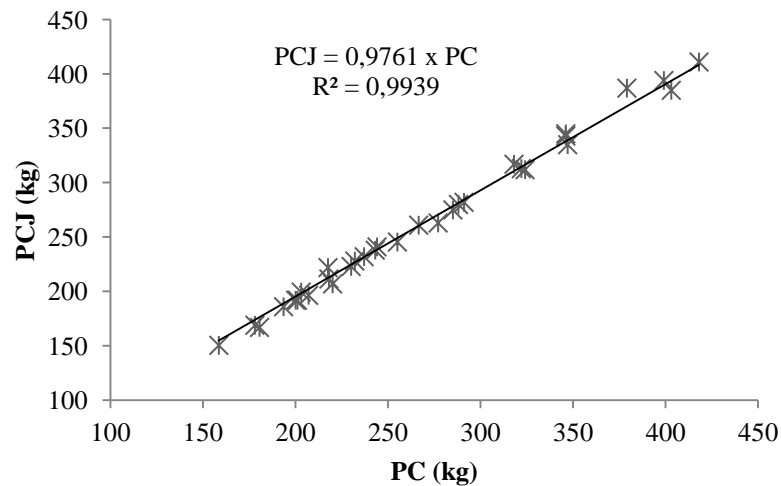


Figura 1 - Relação entre o peso corporal em jejum (PCJ) e o peso corporal (PC) de novilhas Holandês × Zebu.

Considerando que todos os cálculos de exigências nutricionais são feitos a partir da relação entre o PCJ e o peso de corpo vazio (PCVZ), é fundamental o conhecimento da relação PCJ:PC para que se possa calcular as exigências nutricionais dos animais em condições práticas de alimentação.

Peso corporal em jejum e peso de corpo vazio

A regressão linear entre o peso de corpo vazio (PCVZ) e o peso corporal em jejum (PCJ) está representada na Figura 2. A relação média entre o PCVZ e o PC foi de 0,8704. A relação encontrada ficou abaixo das observadas pelo BR CORTE (Valadares Filho et al., 2010) e pelo NRC (2000), que foram de 0,895 e 0,891, respectivamente. Contudo, de acordo com o NRC (2000), essa relação pode variar de 0,85 a 0,95.

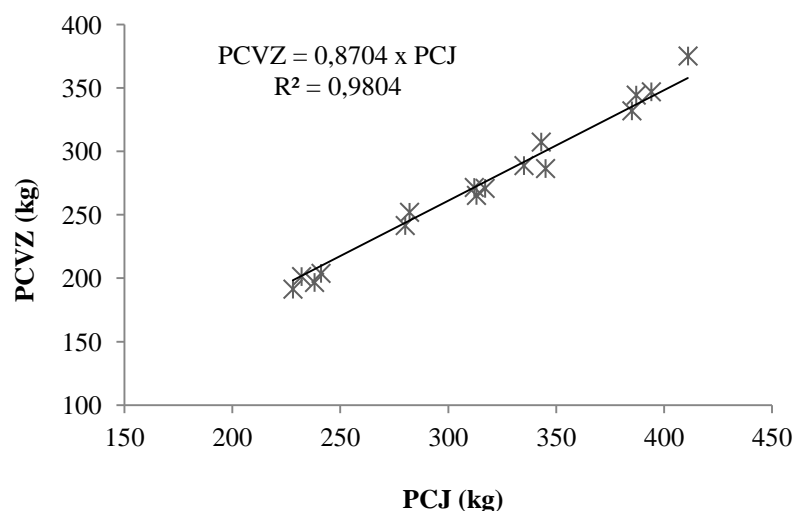


Figura 2 – Relação entre o peso de corpo vazio (PCVZ) e o peso corporal em jejum (PCJ) de novilhas Holandês × Zebu.

Em trabalho realizado por Amaral (2012) com bovinos machos cruzados Holandês × Zebu, também foi encontrada relação PCVZ:PCJ inferior ao recomendado pelos referidos sistemas de exigências nutricionais de ruminantes, sendo o valor médio de 0,878. A mais provável explicação para o menor fator de conversão entre as duas variáveis encontrado seria que a proporção do conteúdo gastrointestinal é maior em animais oriundos da raça Holandês em relação aos zebuínos puros e cruzados com taurinos de corte. Em geral, animais da raça Holandês possuem trato gastrointestinal mais desenvolvido, em consequência da seleção genética ser voltada para produção de leite que exige maior consumo de alimento, o que faz com que esta característica também seja observada em seus mestiços.

Ganho médio diário e ganho de peso de corpo vazio

A relação média encontrada entre o ganho de peso de corpo vazio (GPCVZ) e o ganho médio diário (GMD) foi de 1,0689 (Figura 3). O uso da variável GPCVZ para os cálculos de exigências nutricionais é mais recomendado devido esta não levar em consideração fatores relacionados à ingestão de alimentos e a quantidade do mesmo presente no trato gastrointestinal.

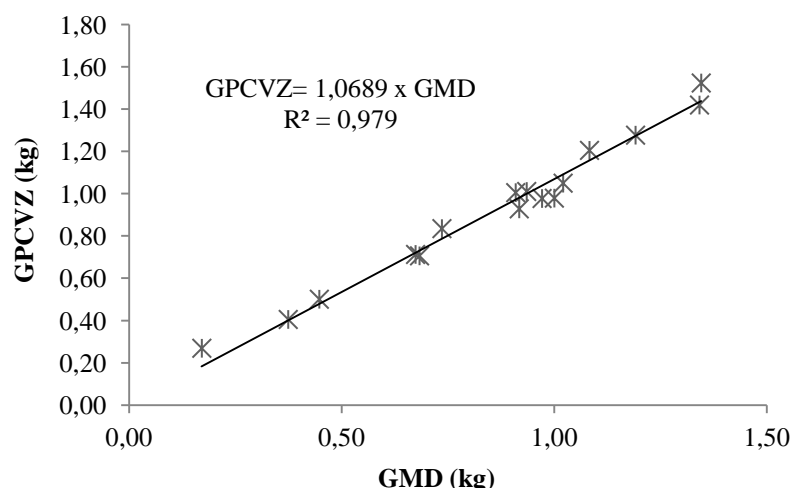


Figura 3 – Relação entre o ganho de peso de corpo vazio (GPCVZ) e o ganho médio diário (GMD) de novilhas Holandês × Zebu.

O NRC (2000) e o BR CORTE (Valadares Filho et al., 2010) apresentaram relações GPCVZ:GMD de 0,951 e 0,966, respectivamente. Estes valores são 11,03 e 9,63% inferiores aos encontrados neste estudo, respectivamente. No entanto, o BR CORTE (Valadares Filho et al., 2010) relata que tal relação pode ser afetada pelo grupo genético, sendo que animais da raça Nelore apresentam menor relação GPCVZ:GMD em comparação aos animais cruzados (0,936 e 0,966, respectivamente).

Geralmente os valores para a relação GPCVZ:GMD são menores que 1, fato não ocorrido no atual estudo. A principal explicação para o valor aqui encontrado (1,0689) seria que no início do confinamento os animais apresentavam maior participação do conteúdo gastrointestinal em relação ao peso corporal e portanto, menor proporção PCVZ:PCJ (0,765) que ao final do experimento (0,865), ou seja, animais mais pesados apresentam menor conteúdo gastrointestinal proporcionalmente ao peso corporal que animais mais leves. Desse modo, ao se expressar a relação GPCVZ:GMD, esta assume valor superior a 1. Adicionalmente, como se trata de animais ainda em fase de crescimento, o aumento dos componentes pertencentes à carcaça é proporcionalmente maior que o crescimento dos componentes não carcaça, levando a aumento mais que proporcional no PCVZ em relação ao PCJ.

Exigências de energia

As exigências de energia líquida para qualquer faixa de peso e de ganho de peso (EL_g) podem estimadas através da equação: $EL_g = 0,0685 \times PCVZ^{0,75} \times GPCVZ^{1,095}$, em

que EL_g é a exigência de energia líquida para ganho (Mcal/dia) e GPCVZ é o ganho de peso de corpo vazio (kg/dia).

O intercepto da equação obtida é numericamente inferior ao sugerido por Chizzotti et al. (2008) e Valadares Filho et al. (2010) cujos valores foram de 0,0771 e 0,072, respectivamente. Contudo, ressalta-se as diferenças relativas aos animais que compõem os bancos de dados que geraram as equações comparadas. Nos bancos de dados utilizados por Chizzotti et al. (2008) e Valadares Filho et al. (2010) somente foram considerados estudos realizados com fêmeas Nelore e cruzadas com raças taurinas de corte e de peso corporal mais elevado, as quais apresentavam características de composição corporal diferentes dos utilizados no atual experimento.

A composição do GPCVZ é o principal determinante das exigências de energia para ganho de peso, que são estimadas a partir da energia retida no corpo, sendo esse acúmulo de energia decorrente da deposição de gordura e proteína. Fêmeas de raças de corte apresentam maior precocidade de acabamento que animais taurinos de aptidão leiteira e suas mestiças. Assim, quando fêmeas de raças de corte são comparadas àquelas de raças taurinas de aptidão leiteira e suas mestiças em mesmo estágio de desenvolvimento, as primeiras apresentam maior composição do ganho em gordura e conseqüentemente, maior retenção de energia na carcaça, resultando em maiores EL_g . Além disso, o presente estudo conta com observações que se concentram em um pequeno intervalo de peso corporal e ganho de peso, cujas observações para este último compreendem, na sua maioria, taxas de ganho abaixo de 1 kg/dia, ou seja, baixa retenção de energia diária, fazendo que esses fatores também possam consistir em possíveis causas do valor inferior encontrado para o intercepto da equação.

Para se converter as exigências de energia líquida em exigências de energia metabolizável para ganho é necessário o conhecimento da eficiência de utilização da energia metabolizável para ganho de peso (k_g). De acordo com Valadares Filho et al. (2010) essa eficiência pode ser estimada como sendo o coeficiente de inclinação da regressão da ER em função do consumo de energia metabolizável (Figura 4). Neste experimento, o valor encontrado para k_g foi igual a 0,4083.

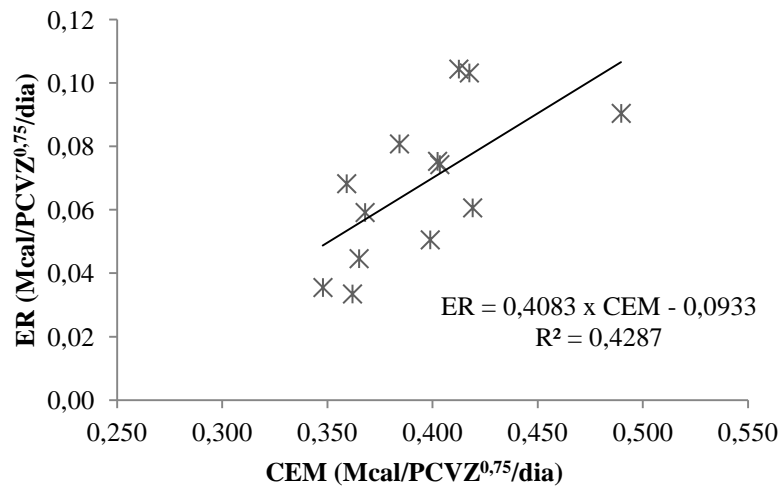


Figura 4 – Relação entre a energia retida (ER) e o consumo de energia metabolizável (CEM) de novilhas Holandês × Zebu.

O valor observado neste experimento para a k_g é próximo ao encontrado por Chizzotti et al. (2008) para bovinos Nelore e seus cruzados com raças taurinas de corte, que é 0,44. Por outro lado, mostrou-se acima daqueles observados por Zanetti (2014) e Amaral (2012) ao avaliar machos Holandês × Zebu, cujos valores obtidos foram 0,297 e 0,361 respectivamente.

Exigências de proteína

As exigências líquidas de proteína (PL_g) para qualquer faixa de ganho de peso foram estimadas a partir de modelo envolvendo o GPCVZ e a concentração de energia no ganho: $PL_g = 203,8 \text{ GPCVZ} - 14,80 \times ER$, em que: PL_g é a exigência líquida de proteína, em g/dia, GPCVZ é o ganho de peso de corpo vazio, em kg/dia, e ER é a energia retida, em Mcal/dia.

Os valores dos parâmetros encontrados neste experimento não foram próximos aos encontrados por Gionbelli (2010) para fêmeas Nelore em crescimento ($PR = 256,0 \times \text{GPCVZ} - 25,71 \times ER$). Conforme pode ser verificado pelo parâmetro atribuído ao GPCVZ, por apresentarem menor potencial de deposição de carne, visto que a raça holandesa foi intensivamente melhorada geneticamente ao longo dos anos para maior produção de leite, fêmeas mestiças Holandês × Zebu apresentam menores exigências de PL_g comparadas às fêmeas Nelore, quando ambos grupos genéticos estão em fase de crescimento.

A eficiência de utilização da proteína metabolizável para ganho (k) foi calculada conforme proposto por Valadares Filho et al. (2010), sendo o coeficiente de inclinação da

regressão da proteína retida (PBret.) em função do consumo de proteína metabolizável (CPmet.). Como demonstrado na Figura 5, o valor encontrado para essa eficiência foi de 0,252, o qual é inferior aos obtidos por Prados et al. (2015) e os preconizados pelo BR CORTE (Valadares Filho et al., 2010) e NRC (2000), que são 0,3711, 0,469 e 0,492, respectivamente, no entanto, próximo ao encontrado por Zanetti (2014), cujo valor foi 0,2672.

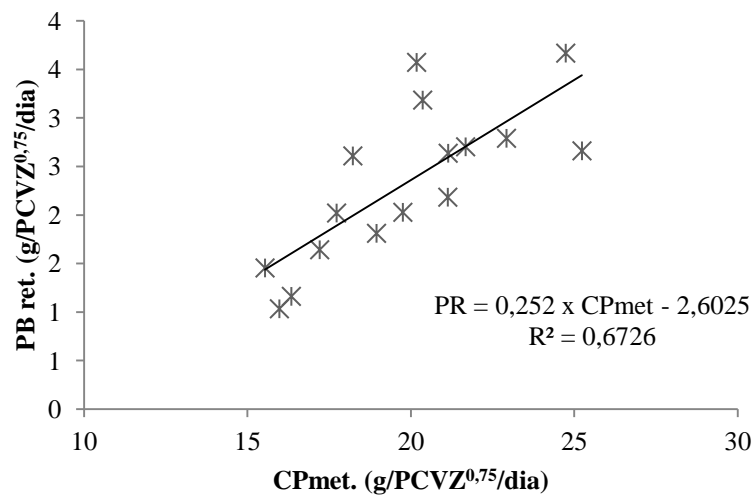


Figura 5 – Relação entre a proteína retida (PBret.) e o consumo de proteína metabolizável (CPmet.) de novilhas Holandês × Zebu.

Diante desses resultados, observou-se que existem diferenças entre animais Holandês × Zebu e animais zebuínos puros ou cruzados com raças taurinas de corte no tocante às exigências nutricionais que, associadas à grande importância desses animais nos sistemas de criação de bovinos no Brasil, justificam a atualização BR CORTE (Valadares Filho et al., 2010) e inclusão de um capítulo exclusivo sobre as exigências dessa classe racial. No entanto, ressalta-se a necessidade de realização de mais experimentos a fim de que haja aumento do banco de dados suficientemente.

Resumo das equações e valores gerados

O resumo das equações geradas nesse trabalho está apresentado na Tabela 3.

Tabela 3 - Resumo dos modelos de estimativa das exigências nutricionais de energia e proteína para novilhas Holandês × Zebu

Item	Equação	Unidade
PCJ	$0,9761 \times PC$	Kg
PCVZ	$0,8704 \times PCJ$	Kg
GPCVZ	$1,0689 \times GMD$	kg/dia
EL _g	$0,0685 \times PCVZ^{0,75} \times GPCVZ^{1,095}$	Mcal/dia
k _g	40,83	%
EM _g	EL _g /k _g	Mcal/dia
PL _g	$203,8 \text{ GPCVZ} - 14,80 \times ER$	g/dia
K	25,2	%
PM _g	PL _g /k	g/dia

Metabolismo proteico muscular

Não houve efeito de interação ($P > 0,05$) entre o tipo de volumoso e nível de concentrado utilizado para as variáveis apresentadas na Tabela 4. As taxas fracionais de síntese (FSR) e degradação (FDR) não foram influenciadas ($P > 0,05$) pelo tipo de volumoso utilizado ou nível de concentrado na dieta, contudo, os animais alimentados com dietas contendo 50% de concentrado apresentaram maior excreção diária de 3-metil-histidina (3MH), massa de proteína no músculo esquelético final (PMF) e relação entre as taxas fracionais de síntese e degradação ($P < 0,05$).

O ganho de proteína muscular (GPM) e taxa fracional de acréscimo (FAR) foram influenciadas tanto pelo tipo de volumoso quanto pelo nível de concentrado na dieta ($P < 0,05$). Os animais alimentados com dietas à base de silagem de milho ou com dietas contendo 50% de concentrado apresentaram maior GPM e conseqüentemente, FAR quando comparados aos alimentados com cana-de-açúcar ($P < 0,05$) ou dietas contendo 30% de concentrado ($P < 0,05$), respectivamente.

Tabela 4- Metabolismo proteico muscular em novilhas Holandês ×Zebu

Variáveis ¹	Dietas				EPM	Valor P		
	Cana-de-açúcar		Silagem de milho			V	C	V x C
	70:30	50:50	70:30	50:50				
CMS (kg/dia)	6,92	9,18	8,59	10,59	0,663	0,046	0,010	0,855
PC (kg)	237	266	245	282	22,5	0,617	0,193	0,860
PCVZ (kg)	191	219	201	239	18,6	0,442	0,113	0,800
PMI (kg)	13,5	13,7	11,9	13,3	11,19	0,427	0,541	0,661
PMF (kg)	18,6	23,7	20,7	26,0	1,88	0,284	0,023	0,962
GPM (g/dia)	41,4	81,9	72,6	103,1	6,96	0,004	<0,001	0,504
3MH (µmol/dia)	698	1247	1049	1327	164,6	0,233	0,034	0,444
FDR (%/dia)	1,016	1,499	1,437	1,462	0,1434	0,225	0,117	0,153
FSR (%/dia)	1,046	1,557	1,489	1,535	0,1448	0,190	0,091	0,151
FAR (%/dia)	0,035	0,058	0,051	0,073	<0,001	0,006	<0,001	0,850
FSR:FDR	1,029	1,041	1,036	1,051	<0,001	0,152	0,031	0,756

¹CMS = consumo de matéria seca, PC = Peso corporal médio dos animais pertencentes a cada tratamento no período de coleta de amostras, PCVZ = Peso de corpo vazio, PMI = Proteína no músculo inicial, PMF = Proteína no músculo final, GPM = Ganho de proteína muscular, 3MH urina = Concentração de 3-metil-histidina na urina, FDR = Taxa fracional de degradação, FSR = Taxa fracional de síntese, FAR = Taxa fracional de acréscimo.

A mensuração da excreção urinária de 3MH tem sido uma técnica utilizada para quantificar a degradação proteica no músculo *in vivo*, validada também quanto sua aplicação em bovinos (Harris e Milne, 1980; McCarthy, et al., 1983; Castro Bulle et al., 2007). 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 proteica nem metabolizada oxidativamente (Gopinath e Kitts, 1984). Desse modo, maior excreção urinária desse composto indica que maiores são as quantidades totais de proteína muscular degradada diariamente (McCarthy et al., 1983).

Por serem taxas fracionais, ou seja, taxas relativas ao *pool* de algum componente específico, não se observou significância quanto a FDR e FSR, pois, quanto maior foi a taxa de crescimento, ou seja, maior acúmulo de proteína muscular e conseqüentemente, PMF; maior também foi a degradação da proteína muscular, o que leva à também maior recuperação de 3MH na urina. Gomes et al. (2013) também não observaram diferença

significativa para a FDR e FSR ao comparar o metabolismo proteico muscular de bovinos Nelore castrados de alto e baixo consumo alimentar residual. De acordo com McCarthy et al. (1983), a ausência de diferença quanto às taxas fracionais, indica que as diferenças encontradas quanto ao crescimento muscular sejam em decorrência dos valores absolutos de síntese e degradação.

Os valores observados para a FDR e FSR nesse experimento, em média 1,36 e 1,40%/dia, são inferiores aos relatados por Gomes et al. (2013), cujo valores médios observados foram 1,80 e 2,05%/dia. Considerando que os animais utilizados no presente estudo diferem quanto à classe sexual e racial daqueles utilizados por Gomes et al. (2013), que utilizaram bovinos Nelore castrados, os quais apresentam significativas diferenças quanto às taxas de crescimento e composição do ganho, os menores valores aqui relatados possivelmente estão de acordo com o comportamento do metabolismo proteico em fêmeas mestiças em crescimento, evidenciando o fato de que as mesmas apresentam menor proporção do ganho diário em músculo quando comparadas à outra classe sexual.

Os maiores valores observados para a relação FSR:FDR ($P < 0,05$) para os animais alimentados com 50% de concentrado indicam que numericamente tenha ocorrido aumento na FSR, provavelmente em virtude do aumento observado na FAR.

Conclusão

As exigências nutricionais líquidas de energia e proteína para ganho de peso de novilhas Holândes × Zebu podem ser estimadas através das equações $EL_g = 0,0685 \times PCVZ^{0,75} \times GPCVZ^{1,095}$ e $PL_g = 203,8 GPCVZ - 14,80 \times ER$, respectivamente. As eficiências de utilização da energia metabolizável e proteína metabolizável para ganho de peso são respectivamente, 40,8 e 25,2%. As taxas fracionais de síntese e degradação da proteína miofibrilar de novilhas Holandês × Zebu em crescimento não são influenciadas pelo tipo de volumoso ou níveis concentrado na dieta. Contudo, a taxa de acréscimo é maior quando esses animais são alimentados com dietas de melhor qualidade, resultando em maiores ganhos absolutos de proteína muscular e conseqüentemente maior acúmulo de massa muscular corporal.

Literatura citada

- AGRICULTURAL AND FOOD RESEARCH COUNCIL – AFRC. Energy and protein requirements of ruminants. Wallingford: CAB International, 1993. 159p.
- AGRICULTURAL RESEARCH COUNCIL - ARC. The Nutrient Requirements of Ruminant Livestock. London: Agricultural Research Council. The Gresham Press, 1980. 351p.
- AMARAL, P. M. Desempenho e exigências nutricionais de bovinos mestiços Holandês x Zebu alimentados com dietas contendo diferentes níveis de proteína. 2012. 101p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2012.
- BYERS, F. M. Systems of beef cattle feeding and management to regulate composition of growth to produce beef carcasses of desired composition. In: Beef Cattle Nutrition and Growth – A Summary of Research, n. 258, p. 1 – 17, 1980.
- CASTRO BULLE, F. C. P.; PAULINO, P. V. R.; SANCHES, A. C.; SAINZ, R. D. 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 Nellore cattle. Journal of Animal Science, v.86, p.1588 -1597, 2008.
- COMMONWEALTH SCIENTIFIC AND INDUSTRIAL RESEARCH ORGANIZATION - CSIRO. Nutrients Requirements of Domesticated Ruminants. Collingwood, VIC: Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization, 2007. 270p.
- COSTA, M. G.; CAMPOS, J. M. S.; VALADARES FILHO, S. C.; VALADARES, R. F. D.; MENDONÇA, S. S.; SOUZA, D. P.; TEIXEIRA, M. P. Desempenho produtivo de vacas leiteiras alimentadas com diferentes proporções de cana-de-açúcar e concentrado ou silagem de milho na dieta. Revista Brasileira de Zootecnia, v. 34, p. 2437 – 2445, 2005.
- DANIEL, P. M.; PRATT, O. E.; SPARGO, E. The metabolic homeostatic role of muscle and its function as a store of protein. The Lancet, v. 310, p. 446–448, 1977.
- DETMANN, E, SOUZA, M. A., VALADARES FILHO, S. C., QUEIROZ, A. C, et al. Métodos para análises de alimentos. 1 ed. Visconde do Rio Branco, MG: Suprema Gráfica, 2012. 214p.
- DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S. C. On the estimation of non-fibrous carbohydrates in feeds and diets. Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia, v.62, p. 980 – 984, 2010.

- GARLICK, P. J.; MILLWARD, D. J.; JAMES, W. P. T.; WATERLOW, J. C. The effect of protein deprivation and starvation on the rate of protein synthesis in tissues of the rat. *Biochimica et Biophysica Acta*, v. 414, p. 71 – 84, 1975.
- GIONBELLI, M.P. Desempenho produtivo e exigências nutricionais de fêmeas Nelore em crescimento. 2010. 101p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2010.
- 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-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-methyl-histidine by cattle: validation as an index of muscle protein breakdown. *British Journal of Nutrition*, Cambridge, v.45, p.411 - 429, 1981.
- HAWKINS, A. J. S. Protein turnover: a functional appraisal. *Functional Ecology*, Oxon, v.5, p.222 - 233, 1991.
- INRA, 2007. Alimentation des bovins, ovins et caprins. Besoins des animaux - valeurs des aliments. Tables INRA, 2007.
- 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.
- LENG, R. A. Limitaciones metabólicas en la utilización de la caña de azúcar y sus derivados para el crecimiento y producción de leche en ruminantes. In: *Sistemas intensivos para la producción animal y de energía renovable com recursos tropicales*. Cali, CIPAV. p.1 - 24, 1988.
- MARCONDES, M. I.; TEDESCHI, L. O.; VALADARES FILHO, S. C.; CHOZZOTTI, M. L. Prediction of physical and chemical body compositions of purebred and crossbred Nelore cattle using the composition of a rib section. *Journal of Animal Science*, v. 80, p. 1280 – 1290, 2012.
- McCARTHY, F. D., BERGEN, W. D. and HAWKINS, D. R. Muscle protein turnover in cattle of differing genetic backgrounds as measured by urinary N – methylhistidine excretion. *The Journal of Nutrition*, v. 113, p. 2455 – 2463, 1983.
- MILLWARD, D. J.; GARLICK, P. J.; STEWART, R. J. C.; NNANYELUGO, D. O.; WATERLOW, J. C. Skeletal-muscle growth and protein turnover. *Biochemistry Journal*, v. 150, p. 235 – 243, 1975.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. Nutrient requirements of dairy cattle. 7. ed. Washington, D. C.: National Academic Press, 2001. 381p.

- NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. Nutrient requirements of beef cattle. 7.ed. Washington, D.C.: 2000. 242p.
- NISHIZAWA, N.; TOYODA, Y.; NOGUCHI, T.; HAREYAMA, S.; ITABASHI, H.; FUNABIKI, R. N-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-methylhistidine. *British Journal of Nutrition*, v. 42, p. 247 – 252, 1975.
- PRADOS, L. F.; VALADARES FILHO, S. C.; DETMANN, E.; ZANETTI, D.; SANTOS, S. A.; SATHLER, D. F. T.; MARIZ, L. D. S.; BORGES, A. L. C. C.; NUNES, A. N.; RODRIGUES, F. C.; AMARAL, P. M. Energy and protein requirements of $\frac{3}{4}$ Zebu x $\frac{1}{4}$ Holstein crossbreds fed different calcium and phosphorus levels in the diet. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v. 67, p. 555 – 563, 2015.
- ROTTA, P. P.; VALADARES FILHO, S. C.; ENGLE, T. E.; COSTA E SILVA, L. F.; SATHLER, D. F. T.; PRADO, I. N.; BONAFÉ, E. G.; ZAWADZKI, F.; VISENTAINER, J. V. The impact of dietary sugarcane addition to finishing diets on performance, apparent digestibility, and fat acid composition of Holstein x Zebu bulls. *Journal of Animal Science*, v. 92, p. 2641 – 2653, 2014.
- VALADARES FILHO, S. C.; MARCONDES, M. I.; CHIZZOTTI, M. L.; PAULINO, P. V. R. Exigências Nutricionais de Zebuínos Puros e Cruzados - BR CORTE. 2. ed. Viçosa, MG. Suprema Gráfica Ltda., 2010. 193p.
- ZANETTI, D. Exigências nutricionais, frequência de alimentação e níveis de cálcio e fósforo para bovinos Holandês x Zebu em confinamento. 2014. 101p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2014.