

POLYANA PIZZI ROTTA

**DESEMPENHO PRODUTIVO, EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS E AVALIAÇÃO
DE MÉTODOS PARA ESTIMAÇÃO DE FLUXO DE DIGESTA EM BOVINOS
ALIMENTADOS 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
2012**

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e
Classificação da Biblioteca Central da UFV

T

R851d
2012

Rotta, Polyana Pizzi, 1987-

Desempenho produtivo, exigências nutricionais e avaliação de métodos para estimação de fluxo de digesta em bovinos alimentados com silagem de milho ou cana-de-açúcar / Polyana Pizzi Rotta. – Viçosa, MG, 2012. xxviii, 144f. : il. ; 29cm.

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

1. Bovino de corte - Nutrição. 2. Bovino de corte - Registros de desempenho. 3. Cana-de-açúcar como ração. 4. Digestibilidade. 5. Milho - Silagem. 6. Bovino de corte - Nutrição - Necessidades. 7. Rúmen. 8. Omaso. 9. Abomaso. 10. Reticulo. I. Universidade Federal de Viçosa. II. Título.

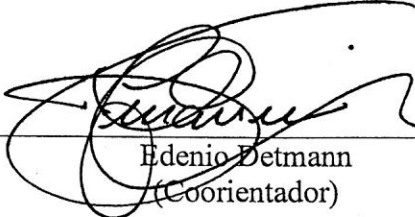
CDD 22. ed. 636.2085

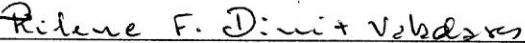
POLYANA PIZZI ROTTA

**DESEMPENHO PRODUTIVO, EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS E AVALIAÇÃO
DE MÉTODOS PARA ESTIMAÇÃO DE FLUXO DE DIGESTA EM BOVINOS
ALIMENTADOS 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*.

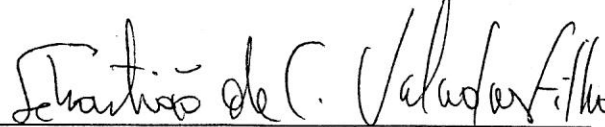
APROVADA: 13 de fevereiro de 2012.


Edenio Detmann
(Coorientador)


Rilene Ferreira Diniz Valadares
(Coorientadora)


Marcos Inácio Marcondes


Márcio Luiz Chizzotti


Sebastião de Campos Valadares Filho
(Orientador)

Aos meus pais, Lazaro João Rotta e Jacira Pizzi Rotta, que sempre me mostraram o caminho certo e mesmo que, com dificuldades de entender certas decisões que eu tomei, me apoiaram ao longo desses dois anos de mestrado.

A minha querida e amada vó Amélia Sordi Pizzi (*in memoriam*) que sempre amei e vou amar por toda a minha vida.

Ao meu namorado, Luiz Fernando Costa e Silva, que sempre me deu carinho e amor para que eu conseguisse enfrentar os desafios destes dois anos.

Ao meu irmão Lucas Pizzi Rotta, pelo amor e amizade.

Dedico.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela saúde, pela família e por sempre me abençoar.

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) e ao INCT de Ciência Animal pela concessão de bolsa. À Fapemig, ao CNPq e INCT de Ciência Animal pelo financiamento dessa pesquisa.

Ao professor Sebastião de Campos Valadares Filho, pelos ensinamentos e apoio durante esses anos de convivência, pelo companheirismo, aprendizado, confiança e excelente orientação.

Ao professor Edenio Detmann, pela orientação e ensinamentos durante as análises estatísticas e contribuição para a realização deste trabalho.

Ao professor Ivanor Nunes do Prado, pelos ensinamentos ao longo dos cinco anos em que trabalhamos juntos e por ter aberto as portas da Universidade Estadual de Maringá para que eu pudesse realizar as análises de qualidade de carne.

Ao professor Jesuí Vergílio Visentainer por permitir que parte das análises de qualidade de carne pudessem ser feita em seu laboratório na Universidade Estadual de Maringá.

Aos professores Rilene Ferreira Diniz Valadares e Mário Luiz Chizzotti, por participarem da banca de defesa e poderem contribuir com este trabalho.

Ao prof. Marcos Inácio Marcondes, pela amizade e ensinamentos.

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

Ao Luiz Fernando Costa e Silva, por ter me ajudado em tudo que precisei e por ter sido um super companheiro durante esses dois anos.

Aos queridos Faider e Manuel, por terem sido meu braço direito e esquerdo, respectivamente, na condução do experimento.

Aos amigos, estagiários e bolsistas de iniciação científica que contribuíram para o desenvolvimento deste trabalho: Faider, Luiz Fernando, Manuel, Anne, Diego Zanetti, Danillo, Bernardo, Dida, Isac, Keila, Sâmia, Clarissa, Marcelo Grossi, Flávia, Laura, Pitoco, Rafael, Tathy, Mateus, Polyaninha, Luciana, Pablyo, Bruna, Lays, Cássio, Lucas, Lucas B., Denise, Diego bahiano, Taishi, Edilaine, Ana Clara, Núria, Douglas, Dyego.

Aos amigos de Maringá, Andrea de Paula, Daiane Motta, Day, André Hidalgo, Fernando José, Dani Maggioni e Tatiane Beloni, obrigada por sempre estarem dispostos a me ajudar, mesmo com a distância e o tempo.

Aos amigos de Viçosa, Faider, Manuel, Tathy e Mateus, que sempre que puderam e quando precisei, deram seus ombros para que eu pudesse chorar e suas companhias para me fazer rir.

A todos que, mesmo indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho, muito obrigada.

BIOGRAFIA

POLYANA PIZZI ROTTA, filha de Lazaro João Rotta e Jacira Pizzi Rotta, nasceu em Umuarama, Paraná, em 17 de março de 1987.

Em dezembro de 2009, graduou-se em Zootecnia pela Universidade Estadual de Maringá.

Em março de 2010, 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 13 de fevereiro de 2012.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO.....	viii
ABSTRACT.....	xi
INTRODUÇÃO GERAL.....	xiv
REFERÊNCIAS.....	xxiii
CAPÍTULO 1 - Desempenho produtivo de bovinos cruzados Holandês × Zebu alimentados com silagem de milho ou cana-de-açúcar em diferentes proporções	
Resumo.....	1
Abstract.....	2
Introdução.....	3
Material e Métodos.....	4
Resultados e Discussões.....	11
Conclusões.....	25
Referências.....	26
CAPÍTULO 2 - Exigências nutricionais de energia e proteína para bovinos cruzados Holandês × Zebu terminados em confinamento	
Resumo.....	33
Abstract.....	35
Introdução.....	36
Material e Métodos.....	37
Resultados e Discussões.....	47
Conclusões.....	54
Referências.....	56
CAPÍTULO 3 - Composição química, perfil e quantificação de ácidos graxos do músculo <i>Longissimus dorsi</i> de bovinos alimentados com silagem de milho ou cana-de-açúcar em diferentes proporções	
Resumo.....	60
Abstract.....	62
Introdução.....	63
Material e Métodos.....	64
Resultados e Discussões.....	70
Conclusões.....	79
Referências.....	80

CAPÍTULO 4 - Locais de coleta da digesta e sistema de indicadores para a estimativa do fluxo ruminal em bovinos alimentados com silagem de milho ou cana-de-açúcar em diferentes proporções

Resumo.....	86
Abstract.....	88
Introdução.....	89
Material e Métodos.....	91
Resultados e Discussões.....	103
Conclusões.....	135
Referências.....	137

RESUMO

ROTTA, Polyana Pizzi, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2012. **Desempenho produtivo, exigências nutricionais e avaliação de métodos para estimação de fluxo de digesta em bovinos alimentados com silagem de milho ou cana-de-açúcar.** Orientador: Sebastião de Campos Valadares Filho. Coorientadores: Edenio Detmann e Rilene Ferreira Diniz Valadares

Este trabalho foi desenvolvido a partir de quatro experimentos com os objetivos de avaliar o consumo de matéria seca e dos constituintes da dieta, a digestibilidade, o desempenho e as características de carcaça; estimar as exigências nutricionais de proteína e energia; avaliar a composição química, o perfil e a quantificação de ácidos graxos no músculo *Longissimus dorsi*; e avaliar o fluxo ruminal da matéria seca e dos componentes da digesta realizando a coleta da digesta em três locais (abomaso, omaso e retículo) e avaliando-se três sistemas de indicadores (único, duplo e triplo). No experimento 1, foram utilizados 36 bovinos cruzados Holandês × Zebu não castrados, com peso médio inicial de $328 \pm 39,47$ kg e idade média de 24 meses, distribuídos em delineamento inteiramente casualizado em seis dietas, durante 84 dias. Foram utilizadas a silagem de milho (SM) e a cana-de-açúcar *in natura* (CA) nas proporções de 60 ou 40% na base da matéria seca (MS) total das dietas. As seis dietas experimentais foram assim constituídas: 1) 60SM:40% de concentrado (C) (84 dias); 2) 60SM:40C (42 dias) e 40SM:60C (42 dias); 3) 40SM:60C (84 dias); 4) 60CA:40C (84 dias); 5) 60CA:40C (42 dias) e 40CA:60C (42 dias) e 6) 40CA:60C (84 dias). Os animais alimentados com dietas à base de silagem de milho, na proporção 40:60 apresentaram maior ($P < 0,05$) ganho médio diário em relação aos alimentados com dietas contendo cana-de-açúcar. No entanto, não houve diferença ($P > 0,05$) para o ganho médio diário entre as dietas à base de silagem de milho na proporção 60:40 e à base de cana-de-açúcar na proporção 40:60. Ao se utilizar a cana-de-açúcar, houve aumento no GMD para os animais submetidos à dieta reversa em relação à dieta com maior proporção de volumoso. Conclui-se que a cana-de-açúcar pode substituir a silagem de milho em dietas de bovinos cruzados Holandês × Zebu terminados em confinamento, desde que haja aumento de 20% na quantidade de concentrado fornecida na dieta. O experimento 2 foi realizado por abate comparativo, utilizando-se 44 bovinos cruzados Holandês × Zebu não castrados, com peso inicial de $338 \pm 39,01$ kg e idade média de 24 meses, sendo quatro bovinos utilizados para o grupo referência, quatro para o grupo manutenção e os 36 restantes alimentados *ad libitum*, distribuídos em delineamento inteiramente

casualizado, nas seis dietas descritas para o experimento 1. As exigências de energia líquida (EL_m) e metabolizável (EM_m), para manutenção foram de 78,7 e 114,2 kcal/PCVZ^{0,75}/dia, respectivamente. A k_m foi de 0,6891. As equações obtidas para as exigências líquidas para ganho de energia (EL_g) e proteína (PL_g) foram: EL_g (Mcal/dia) = $0,0493 \times PCVZ^{0,75} \times GPCVZ^{1,0013}$ e PL_g (g/dia) = $279,19 \times GPCVZ - 22,8691 \times ER$, respectivamente. A k_g foi de 0,4634. As eficiências de utilização da energia metabolizável para a deposição de proteína e gordura foram de 0,2048 e 0,8848, respectivamente. O modelo obtido para a percentagem de energia retida na forma de proteína ($\%ER_p$) foi: $\%ER_p = 1,7202 \times (ER/GPCVZ)^{-1,351}$. No experimento 3 foram utilizados 36 bovinos não castrados Holandês \times Zebu com idade média de 24 meses e peso corporal médio de $328 \pm 39,47$ kg. Foram utilizadas as mesmas dietas descritas para o experimento 1. Ao final dos 84 dias de experimento, os bovinos foram abatidos e uma amostra do músculo *Longissimus dorsi* localizada entre a 12 e a 13ª costelas foi retirada; embalada à vácuo e armazenada a -20°C para posteriores análises. A composição química do músculo *Longissimus dorsi* não foi influenciada ($P>0,05$) pelas diferentes dietas. No entanto, a percentagem do ácido graxo C 18:3 n-3, considerado um ácido graxo estritamente essencial, foi maior ($P<0,05$) no músculo *Longissimus dorsi* dos bovinos alimentados com dieta à base de cana-de-açúcar independente da proporção volumoso fornecida. Da mesma forma, a percentagem do ácido graxo C 20:5 n-3, considerado um ácido graxo essencial, foi maior ($P<0,05$) no músculo *Longissimus dorsi* dos bovinos alimentados com dieta à base de cana-de-açúcar independente da proporção de volumoso fornecida. A percentagem do ácido graxo C 18:2 c 9 t 11 foi maior ($P<0,05$) no músculo *Longissimus dorsi* de bovinos alimentados com dieta à base de cana-de-açúcar na proporção 60:40 e na dieta reversa. Conclui-se que bovinos alimentados com dietas à base de cana-de-açúcar apresentam melhor perfil de ácidos graxos em relação aos animais alimentados com dietas à base de silagem de milho tendo em vista que há aumento na percentagem dos ácidos graxos essenciais e estritamente essenciais no músculo *Longissimus dorsi*. No experimento 4 foram utilizados oito bovinos cruzados (Holandês \times Zebu) não castrados, fistulados no rúmen e no abomaso, com idade média de 24 meses e peso médio de $353 \pm 36,94$ kg, aleatoriamente distribuídos em dois quadrados latinos 4×4 , balanceados para efeitos residuais. As dietas experimentais foram: 1) 60% de silagem de milho + 40% de concentrado; 2) 40% de silagem de milho + 60% de concentrado; 3) 60% de cana-de-açúcar *in natura* + 40%

de concentrado e 4) 40% de cana-de-açúcar *in natura* + 60% de concentrado. Foram realizadas oito coletas de digesta abomasal, omasal e reticular a intervalos de nove horas. Ao final de cada período experimental, uma amostra composta foi realizada e em seguida as amostras foram destinadas aos três sistemas de indicadores (sistema único: amostra sem separação; sistema duplo: amostra filtrada; e sistema triplo: amostra filtrada e centrifugada). A composição da digesta reticular diferiu ($P < 0,05$) das demais quanto às percentagens de extrato etéreo (EE), fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína bruta (FDNcp) e fibra em detergente neutro indigestível (FDNi). As digestas abomasal e omasal apresentaram similaridade ($P > 0,05$) para as estimativas do fluxo ruminal e da digestibilidade ruminal da matéria seca (MS), matéria orgânica (MO) e FDNcp. Ainda, para as estimativas da digestibilidade intestinal, as amostras coletadas no abomaso e no omaso apresentaram valores similares ($P > 0,05$) para MO, PB e FDNcp. Dessa forma, recomenda-se a realização da coleta da digesta omasal como alternativa à coleta de digesta abomasal. Baseado na ausência de diferenças ($P > 0,05$) entre os sistemas de indicadores para a digestão ruminal e intestinal da FDNcp e para a digestão intestinal da PB, pode ser recomendado o uso de qualquer sistema de indicadores. Contudo, baseando-se que há apenas pequenas diferenças para os fluxos e digestões estimados com os sistemas de indicador duplo e triplo, recomenda-se a utilização do sistema de indicador duplo (FDNi e Co-EDTA), que pode ser acessível para qualquer instituição de pesquisa devido ao baixo custo.

ABSTRACT

ROTTA, Polyana Pizzi, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, February, 2012. **Animal performance, nutrient requirements and methods to estimate digesta flow in bulls feed with corn silage or sugar cane.** Adviser: Sebastião de Campos Valadares Filho. Co-advisers: Edenio Detmann and Rilene Ferreira Diniz Valadares

This work was developed from four experiments to evaluate the dry matter and nutrients intake, digestibility, animal performance, carcass characteristics, energy and protein requirements, chemical composition and fatty acid profile of *Longissimus dorsi* muscle; and to evaluate the ruminal outflow of dry matter and components of digesta sampling in three sites (abomasum, omasum and reticulum) and evaluate three marker systems (single, double and triple). In the experiment 1, 36 crossbred bulls (Holstein × Zebu) with average body weight of 328 ± 39.47 kg and 24 months were used. The bulls were randomly allocated in six different diets, with six bulls in each one. The diets evaluated were corn silage (CS) and sugar cane (SC) with 60 or 40% of dry matter (DM). The experimental diets were: 1) 60CS:40% concentrate (C) (84 days); 2) 60CS:40C (42 days) and 40CS:60C (42 days); 3) 40CS:60C (84 days); 4) 60SC:40C (84 days); 5) 60SC:40C (42 days) and 40SC:60C (42 days); 6) 40SC:60C (84 days). The bulls fed with 40% of corn silage presented higher ($P < 0.05$) average daily gain in comparison with those fed with sugar cane. However, there were no differences ($P > 0.05$) for average daily gain between the diets with 60% of corn silage and 40% of sugar cane. It was observed a positive effect to reverse diets on daily gain. When sugar cane was fed, it was observed an increase in average daily gain in bulls fed with reverse diets in comparison with the diet with a higher proportion of roughage. It can be concluded that sugar cane can replace corn silage in diets of crossbred (Holstein × Zebu) bulls finished in feedlot, but it is necessary to increase 20% in the amount of concentrate in the diet. The experiment 2 was realized using a comparative slaughter, with 44 crossbred bulls (Holstein × Zebu) with 338 ± 39.01 kg and 24 months. The bulls were randomly separated in: four bulls to reference group, four bulls to maintenance level group and 36 bulls fed *ad libitum*. The bulls of the last group were randomly separated in the same diets described in the experiment 1. The net (NE_m) and metabolizable (ME_m) energy requirements to maintenance were 78.7 e 114.2 kcal/EBW^{0.75}/day, respectively. The k_m was 0.6891. The equations obtained to NE_g and NP_g were: NE_g (Mcal/day) = $0.0493 \times EBW^{0.75} \times EBG^{1.0013}$ and NP_g (g/day) = $279.19 \times EBG - 22.8691 \times RE$, respectively. The k_g was 0.4634. The efficiencies to deposition of energy as protein and as fat were

0.2048 and 0.8848, respectively. The model obtained for the percentage of retained energy as protein (%RE_p) was $\%RE_p = 1.7202 \times (RE/EBG)^{-1.351}$. This study concluded that NE_m and ME_m to Holstein × Zebu bulls were 78.7 and 114.2 kcal/EBW^{0.75}/day, respectively, and the NE_g and NP_g can be obtained by the equations: NE_g (Mcal/day) = $0.0493 \times EBW^{0.75} \times EBG^{1.0013}$ and NP_g (g/day) = $279.19 \times EBG - 22.8691 \times RE$, respectively. In the experiment 3, 36 crossbred bulls (Holstein × Nellore) with 24 months and body weight of 328 ± 39.01 kg were used. It was used the same diets described in the experiment 1. At the final of the experiment, the bulls were slaughtered at Universidade Federal de Viçosa and a sample located between 12 and 13rd ribs of each bull was took and it was vacuum-packed and frozen at -20°C to further analyses. The chemical composition in *Longissimus dorsi* muscle was not influenced (P>0.05) by the different diets. The percentage of the C 18:3 n-3 fatty acid, a strictly essential fatty acid, was higher (P<0.05) in *Longissimus dorsi* muscle of bulls fed with sugar cane independently of the ratio of roughage concentrate used. The same way, the percentage of C 20:5 n-3, an essential fatty acid, was higher (P<0.05) in *Longissimus dorsi* muscle of bulls fed with sugar cane independently of the ratio of roughage concentrate used. The percentage of C 18:2 c 9 t 11 was higher (P<0.05) in *Longissimus dorsi* muscle of bulls fed with sugar cane at 60:40 and 60:40 – 40:60. Thus, bulls fed with sugar cane present better fatty acid profile in relation with bulls fed with corn silage. This is due the increase of the essential and strictly essential fatty acids in *Longissimus dorsi* muscle of bulls fed with sugar cane. In the experiment 4, eight crossbred bulls (Holstein × Zebu) fitted with ruminal and abomasal cannulas and with 24 months, weighting 353 ± 36.94 kg were separated in two 4 × 4 Latin squares design. The experimental diets were: 1) 60% of corn silage + 40% of concentrate; 2) 40% of corn silage and 60% of concentrate; 3) 60% of sugar cane + 40% of concentrate; 4) 40% of sugar cane + 60% of concentrate. Eight digesta samplings were realized in each experimental period with intervals of nine hours. At the end of each experimental period it was realized a sample pool and the samples were appointed to the three marker systems (single system: sample without separation; double system: filtred sample; and triple system: filtred and centrifuged sample). The whole reticular digesta composition was different (P<0.05) in comparasion with the others to ether extract (EE), neutral detergente fiber (NDF) and indigestible NDF. The digestas sampled at the abomasum and omasum presented similar (P<0.05) values to rumen outflow to dry matter (DM), organica matter (OM)

and NDF. Likewise, the abomasal and omasal digestas were similar ($P>0.05$) to estimate of ruminal digestibility of DM, OM, crude protein (CP) and NDF. Digestas sampled at abomasum and omasum presented similar ($P>0.05$) values to estimate the intestinal digestibility of OM, CP and NDF. The omasal sampling is recommend as an alternative to abomasal sampling. Because no difference ($P>0.05$) among the marker systems to ruminal and intestinal digestion for NDF and intestinal digestion for CP, any marker systems can be used. Therefore, based on few differences in rumen outflow and digestions of estimating with double and triple marker systems, it is recommended the use of double marker system (indigestible NDF and Co-EDTA), that can be accessible to any research center.

Introdução geral

Em determinadas ocasiões, a utilização da silagem de milho como volumoso para a bovinocultura de corte torna-se difícil, devido à escassez do produto e/ou por apresentar elevados custos produtivos (Ferraz & Felício, 2010). Nesses locais, volumosos alternativos devem ser utilizados para que a produção não diminua e, assim, a bovinocultura possa ser uma atividade lucrativa. Dentre os volumosos disponíveis no Brasil, a cana-de-açúcar parece ser a mais promissora para substituir a silagem de milho (Fernandes et al., 2007).

Entre as vantagens da utilização da cana-de-açúcar em comparação com outros volumosos, podem-se destacar: 1) a elevada produção por unidade de área; 2) a possibilidade de colheita em diversas épocas do ano, ou mesmo ficar no campo de um ano para outro, sem grande perda do valor nutritivo (auto armazenamento); 3) possibilidade de rebrotação, por ser uma planta perene, minimizando com isso os custos de produção; 4) boa palatabilidade para animais ruminantes; 5) a pequena redução da digestibilidade e a composição química, em termos de proteína bruta e energia; e 6) a abundância em carboidratos solúveis, componente excelente para a utilização de nitrogênio não protéico, como a ureia, por exemplo (Fernandes et al., 2007; Pinto et al., 2010).

Por outro lado, a cana-de-açúcar apresenta algumas limitações que devem ser consideradas. A cana de açúcar apresenta carboidratos que consistem em açúcares altamente solúveis, com alta taxa de degradação ruminal, e elementos pouco solúveis (componentes da parede celular), que apresentam baixa taxa de degradação pelos microrganismos ruminais. Ainda, a cana-de-açúcar não contém amido e possui baixo nível de proteína bruta (Preston, 1982).

Dessa forma, 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). Assim, 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 de desempenho animal.

No entanto, o ajuste da dieta com alimento concentrado pode encarecê-la e elevar os custos com a alimentação. Assim, sistemas diferenciados de alimentação de bovinos em confinamento devem ser testados para diminuir a quantidade de concentrado (Loerch, 1990). Uma das alternativas é a inversão da razão volumoso:concentrado oferecida aos animais (Loerch, 1990). Essa inversão consiste em aumentar na metade do período de confinamento o nível de concentrado da dieta, assim, os animais que estariam sendo alimentados com a razão volumoso concentrado de 60:40, passariam a receber a razão 40:60. Ou seja, aumentaria o nível de concentrado na metade do período de confinamento objetivando explorar um possível ganho adicional, mesmo os animais estando confinados. Caso essa alternativa de alimentação resulte em resultados produtivos similares aos animais alimentados com maior nível de concentrado ao longo do período de confinamento, teria-se, então, uma economia com concentrado no período de confinamento, o que aumentaria a lucratividade da atividade.

O correto balanceamento das dietas para bovinos de corte é essencial para maximizar a produção e para evitar desperdício de nutrientes, que, além de encarecer o sistema, prejudica o meio ambiente, poluindo o solo e o ar atmosférico (emissões de metano). No entanto, a maior parte do balanceamento das dietas para bovinos de corte no Brasil era realizada, até recentemente, com base nas estimativas de exigências

nutricionais estabelecidas pelo AFRC, (1993) e NRC (2000). Esses utilizam no banco de dados, animais com características diferentes dos criados no Brasil. Assim, Valadares Filho et al. (2010) publicaram a 2ª edição das Tabelas Brasileiras de Exigências Nutricionais de Zebuínos (BR-CORTE), cujo banco de dados utiliza animais com características e condições similares aos criados em grande parte do território brasileiro.

As estimativas das exigências nutricionais de energia e proteína para animais cruzados Holandês × Zebu são escassas no banco de dados do BR-CORTE. Ao considerar que, em algumas regiões do Brasil, a utilização do sistema em que se utilizam animais Holandês × Zebu para a produção de carne é significativa, as exigências nutricionais desses animais tornam-se necessárias para otimizar a produção.

Além de atributos relacionados ao desempenho animal e as exigências nutricionais, a qualidade da carne produzida é de extrema importância, principalmente devido ao exigente mercado consumidor que importa a carne bovina brasileira e aos novos hábitos alimentares que a população brasileira vem seguindo nos últimos anos. Atualmente, as pessoas preferem alimentos com baixo teor de lipídeos e gordura saturada. Além disso, novos conceitos, como a ingestão de ácidos graxos da classe ômega 3 e *conjugated linoleic acid* - ácido linoléico conjugado (CLA) estão fazendo parte da dieta de boa parte da população (Weeb & O'Neill, 2008). Dessa forma, produzir com qualidade é um dos novos conceitos que devem ser empregados na cadeia produtiva da carne bovina.

A cana-de-açúcar apresenta maior percentagem de ácidos graxos da classe ômega 3 em relação a silagem de milho. Dessa forma, a utilização da cana-de-açúcar como volumoso poderia melhorar a qualidade da carne (Fernandes et al., 2009). Os ácidos graxos ômega 3 estão presentes em baixa quantidade na carne bovina e seu aumento, por menor que seja, traria grande perspectiva na área qualitativa para o mercado

produtivo, haja vista que mudanças das características da carne de animais ruminantes são difíceis de serem implementadas (Rotta et al., 2009). Isso ocorre devido à biohidrogenação ruminal, na qual os ácidos graxos ômega 3, por exemplo são transformados em ácidos graxos monoinsaturados ou saturados (Campbell, 1995). Dessa forma, mesmo aumentando o teor de ácidos graxos específicos na dieta dos animais ruminantes, parte desses pode não estar presente na carne bovina.

O termo CLA se refere a uma mistura posicional e geométrica de isômeros do ácido linoléico, com duas duplas ligações separadas por uma única ligação. Ainda, cada dupla ligação pode estar arranjada na configuração cis ou trans (McGuire & McGuire, 1999). A principal forma do CLA presente em produtos oriundos de animais ruminantes, como o leite e a carne, é a cis 9 trans 11, conhecido como ácido rumênico (Kramer et al., 1998).

Em estudos demonstrou-se efeitos benéficos dos ácidos graxos ômega 3 e do CLA para a saúde humana (Park & Pariza, 2007). Alguns isômeros deste ácido, principalmente o cis-9 trans-11 e o trans-10 cis-12 foram identificados como inibidores de câncer (Noci et al., 2005), redutores da arteriosclerose (Katan et al., 1994), com efeito antioxidante (Seçkin et al., 2005) e com propriedades anti diabéticas (Bauman et al., 1999).

Dessa forma, alimentos enriquecidos com CLA e com ácidos graxos ômega 3 possuem grande apelo comercial, principalmente em relação à carne e ao leite bovinos. O enriquecimento desses produtos pode ser utilizado como apelo comercial e agregar valor ao produto, aumentando os lucros, sem que haja aumento nos investimentos, visto que a cana-de-açúcar apresenta um custo produtivo inferior ao da silagem de milho.

A complexidade da fisiologia da digestão dos animais ruminantes proporciona oportunidades e desafios para o seu estudo (Harmon & Richards, 1997). As cânulas têm

sido utilizadas há muitos anos para amostragem da digesta em certos pontos específicos do trato gastrointestinal (Phillipson & Innes, 1939; Jarret, 1948; Ward et al., 1950; Hecker, 1974; Harrison, 1995). Para a estimação do fluxo ruminal, por exemplo, a maioria dos estudos utiliza a coleta da digesta duodenal ou abomasal (Pritchard & Males, 1985; Siddons et al., 1985; Oldick et al., 1999; Crawford et al., 2008).

Entretanto, o desvio incompleto do fluxo da digesta e as secreções metabólicas no abomaso estão entre os problemas associados a esses locais de coleta (Harmon & Richards, 1997; Huhtanen et al., 1997). Além disso, animais fistulados no abomaso ou no duodeno precisam de cuidados especiais, devido a esse tipo de fístula apresentar maiores complicações e diminuir o tempo em que o animal permanece em experimentos (Harmon & Richards, 1997). Dessa forma, o estudo de locais que possam substituir o abomaso ou o duodeno para a coleta da digesta, objetivando estimar o fluxo ruminal e as digestibilidades parciais, torna-se necessário, propiciando maior eficiência às pesquisas e maior conforto para os animais experimentais.

A coleta da digesta omasal começou a ser estudada na década de 1960 (Ash, 1962) e a partir desse período vários pesquisadores tentaram aprimorar a técnica de coleta (Engelhardt & Hauffe, 1975; Punia et al., 1988; Rupp et al., 1994). No entanto, essas técnicas não apresentaram eficácia e foi apenas no final da década de 1990 que Huhtanen et al. (1997) conseguiram elaborar um método de coleta da digesta omasal a partir da fístula ruminal. Entretanto, para que essa técnica pudesse ser usada com precisão era necessário a utilização do sistema duplo de indicadores.

Outro problema observado na coleta da digesta omasal é referente à utilização de bomba a vácuo, pode danificar as folhas omasais. Assim, em pesquisas recentes (Ahvenjarvi et al., 2000; Hristov, 2007; Kriszan et al., 2010) vêm sendo avaliada a digesta reticular para se estimar o fluxo ruminal.

O retículo é o órgão responsável por impulsionar a digesta pelo orifício retículo omasal e regular o fluxo para o trato digestório posterior (Sissons et al., 1984; Sutherland, 1988). De acordo com Dardillat & Baumont (1992), a composição da digesta reticular é consistente e as partículas encontradas no retículo provavelmente são as que deixaram o rúmen. Dessa forma, a digesta coletada no retículo poderia ser utilizada para estimar o fluxo ruminal, utilizando-se a fístula ruminal.

Hristov (2007) e Krizsan et al. (2010) avaliaram a substituição da coleta realizada no duodeno e no omaso, respectivamente, pela coleta da digesta realizada no retículo para estimar o fluxo ruminal e os coeficientes de digestibilidade ruminal. No estudo realizado por Hristov (2007), diferenças foram observadas para o fluxo ruminal da matéria seca, matéria orgânica, nitrogênio não amoniacal e fibra em detergente neutro. Para a digestibilidade ruminal, diferenças entre os dois locais de amostragem também foram verificadas para matéria seca, matéria orgânica e fibra em detergente neutro. No entanto, o autor sugeriu que a coleta realizada no retículo poderia substituir a coleta realizada no duodeno. O autor também sugeriu que mais estudos sejam realizados e que dietas variando o tipo de volumoso e a quantidade de concentrado fornecida sejam testadas.

Por outro lado, Krizsan et al. (2010) observaram valores similares para o fluxo de matéria seca e dos componentes da digestas e para a digestibilidade ruminal ao compararem a digesta coletada no omaso e a coletada no retículo. No entanto, esses autores utilizaram vacas lactantes, que apresentam consumo de matéria seca quase três vezes superior a animais em crescimento (Hristov, 2007; Krizsan et al., 2010). Dessa forma, animais destinados a corte em crescimento devem ser utilizados em estudos que objetivem avaliar o melhor local para a realização de coleta de digesta para estimar o fluxo ruminal.

A estimação do fluxo da digesta ruminal tem sido tradicionalmente realizada por intermédio de amostras *spot* da digesta no duodeno, utilizando cânulas do tipo T e indicadores indigestíveis (Ahvenjarvi et al., 2000). Uma alternativa para estimar o fluxo ruminal foi a coleta da digesta omasal (Huhtanen et al., 1997). Quando comparada às coletas de digesta abomasal e duodenal, essa técnica oferece muitos benefícios. A intervenção cirúrgica é reduzida, os dados obtidos são menos afetados pelas secreções metabólicas e a digestão das células microbianas pode ser evitada (Ahvenjarvi et al., 2000). No entanto, a principal deficiência em se coletar a digesta omasal é que a digesta coletada pode não representar a digesta verdadeira que entra no canal omasal (Huhtanen et al., 1997; Ahvenjarvi et al., 2000).

Assim, Faichney (1975) sugeriu que a digesta poderia ser dividida em duas fases distintas, visto que a digesta apresenta tendência em se separar no momento da coleta. Como resultado, a proporção relativa para cada fase da digesta coletada poderia tornar-se viesada quando comparada à digesta verdadeira. Ao considerar a hipótese de que duas fases homogêneas seja verdadeira, amostras não representativas da digesta podem ser reconstituídas para representar a digesta verdadeira, utilizando indicadores que apresentam afinidades diferenciadas para cada fase da digesta (Faichney, 1975). No entanto, em alguns estudos (Siddons et al., 1985; Satter et al., 1987; Huhtanen et al., 1994) observou-se que a utilização de um único indicador para a fase de partículas é muito simplista. Dessa forma, o uso do sistema de indicador duplo se direcionou para a utilização de três indicadores (France & Siddons, 1986). Baseando-se nas considerações teóricas, a amostra não representativa da digesta pode ser reconstituída à digesta verdadeira, desde que os indicadores associados com a fase individual da digesta apresentem características únicas para o fluxo.

De acordo com Armentano & Russel (1985), a utilização de dois ou três indicadores se deve ao fato de que quando se utilizam cânulas do tipo T a amostragem não representa a digesta do órgão e como na maior parte dos estudos o tipo de fístula mais utilizada é a do tipo T, essa técnica deveria ser empregada. Esses autores sugeriram a técnica de cálculo matricial enquanto que os cálculos sugeridos por France & Siddons (1986) utilizam a concentração do indicador em equilíbrio. Os cálculos sugeridos por France & Siddons (1986) são os mais utilizados em estudos sobre fluxo ruminal (Ahvenjarvi et al., 2000; Hristov, 2007; Kriszan et al., 2010).

A partir de então, a maior parte dos estudos avaliando o fluxo ruminal passou a utilizar o sistema de indicador triplo (Ahvenjarvi et al., 2002; Hristov, 2007; Kriszan et al., 2010). No entanto, a utilização do sistema de indicador triplo implica em aumento de custos e de labor nas pesquisas. O custo aumenta devido à utilização de mais um indicador externo, que na maioria das vezes, é o acetato de itérbio. Além do custo em sua aquisição, há também o custo para a sua análise. A pesquisa se torna mais laboriosa devido à necessidade de centrifugação da amostra para separar da fase líquida das pequenas partículas. Além disso, aumenta o número de análises laboratoriais, visto que mais uma fase da digesta deverá ser analisada.

Dessa forma, a possibilidade em se utilizar o sistema de indicador duplo para as digestas coletadas objetivando-se estimar o fluxo ruminal seria de grande importância para a pesquisa, principalmente nos dias atuais, onde a preocupação com o meio ambiente é levada em consideração e a utilização de menos produtos químicos para a realização das pesquisas poderia contribuir para a diminuição na poluição.

Assim, objetivou-se avaliar o desempenho, as exigências nutricionais (energia e proteína) e o perfil de ácidos graxos no músculo *Longissimus dorsi* de bovinos (Holandês × Zebu) não castrados, alimentados com silagem de milho ou cana-de-açúcar

em diferentes proporções. Ainda, objetivou-se avaliar diferentes locais de coleta de digesta e sistemas de indicadores para estimar o fluxo ruminal em bovinos alimentados com silagem de milho ou cana-de-açúcar em diferentes proporções.

Referências

- AGRICULTURAL AND FOOD RESEARCH COUNCIL – AFRC. **Energy and protein requirements of ruminants**. Wallingford: CAB International, 1993. 159p.
- AHVENJÄRVI, S.; VANHATALO, A.; HUHTANEN, P.; VARVIKKO, T. Determination of reticulo-rumen and whole-stomach digestion in lactating cows by omasal canal or duodenal sampling. **British Journal of Nutrition**, v.83, p.67–77, 2000.
- AHVENJÄRVI, S.; VANHATALO, A.; HUHTANEN, P. Supplementing barley or rapeseed meal to dairy cows fed grass-red clover silage: I. Rumen degradability and microbial flow. **Journal of Animal Science**, v.80, p.2176-2187, 2002.
- ARMENTANO, L.E.; & RUSSEL, R.W. Method for calculating digesta flow and apparent absorption of nutrients from nonrepresentative samples of digesta. **Journal of Dairy Science**, v.68, p.3067-3070, 1985.
- ASH, R.W. Gastro-intestinal re-entrant cannulae for studies of digestion in sheep. **Animal Production**, v.4, p.309-311, 1962.
- BAUMAN, D.E.; BAUMGARD, L.H.; CORL, B.A.; GRIINARI, J.M. Biosynthesis of conjugated linoleic acid in ruminant. 1999. **Proceedings of the American Society of Animal Science**. www.asas.org/JAS/symposia/proceedings/0937.pdf.
- CAMPBELL, M.K. **Biochemistry** (2nd ed.). Mount Holyoko College. Saunders College Publishing. Harcourt Brace College Publishers, 1995. 752p.
- COSTA E SILVA, L.F. **Exigências nutricionais, validação de equações para a estimação da composição do corpo vazio e uso da creatinina para estimar a proporção de tecido muscular em bovinos Nelore**. 2011. 148p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2010.
- CRAWFORD, G.I.; KEELER, C.D.; WAGNER, J.J.; KREHBIEL, C.R.; ERICKSON, G.E.; CROMBIE, M.B.; NUNNERY, G.A. Effects of calcium magnesium carbonate and roughage level on feedlot performance, ruminal metabolism, and site and extend of digestion in steers fed high-grain diets. **Journal of Animal Science**, v.86, p.2998-3013, 2008.

- DARDILLAT, C. & BAUMONT, R. Physical characteristics of reticular content in the bovine and consequences on reticular outflow. **Reproduction of Nutrition Development**, v.32, p.21–36, 1992.
- ENGELHARDT, W.V. & HAUFFE, R. **Role of the omasum in absorption and secretion of water and electrolytes in sheep and goats**. Pages 217–230 in Digestion and Metabolism in the Ruminant. Proc. IV Int. Symp. Rumin. Physiol. I. W. McDonald and A. C.I. Warner, ed. The Univ. of New England Publ. Unit, Sydney, Australia, 1975.
- FAICHNEY, G.J. **The use of markers to partition digestion within the gastrointestinal tract of ruminants**. In Digestion and Metabolism in the Ruminant. Proceedings of the IVth International Symposium on Ruminant Physiology, pp. 277–291 [IW McDonald and ACI Warner, editors]. Sydney, Australia: The University of New England Publishing Unit, 1975.
- FERNANDES, A.R.M.; SAMPAIO, A.A.M.; HENRIQUE, W.; PERECINI, D.; OLIVEIRA, E.A.; TÚLLIO, R.R. Avaliação econômica e desempenho de machos e fêmeas Canchim em confinamento alimentados com dietas à base de silagem de milho e concentrado ou cana-de-açúcar e concentrado contendo grãos de girassol. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, p.855-864, 2007.
- FERNANDES, A.R.M.; SAMPAIO, A.A.M.; HENRIQUE, W.; TULLIO, R.R.; OLIVEIRA, E.A.; SILVA, T.M. Composição química e perfil de ácidos graxos de bovinos de diferentes condições sexuais recebendo silagem de milho e concentrado ou cana-de-açúcar e concentrado contendo grãos de girassol. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, p.705-712, 2009.
- FERRAZ, J.B.S. & FELÍCIO, P.E. Production systems – An example from Brazil. **Meat Science**, v.84, p.238-243, 2010.
- HANKINS, O.G. & HOWE, P.E. Estimation of the composition of beef carcasses and cuts. [T.B.]: United States Department of Agriculture, 1946. p.1-19 (**Technical Bulletin - USDA**, 926).
- HARMON, D.L. & RICHARDS, C.J. Considerations for gastrointestinal cannulations in ruminants. **Journal of Animal Science**, v.75, p.2248-2255, 1997.
- HARRISON, F.A. **Surgical technique in experimental farm animals**. Oxford University Press, New York, 1995.

- HECKER, J.F. **Experimental surgery in small ruminants**. Butterworth & Co., London, 1974.
- HRISTOV, A.N. Comparative characterization of reticular and duodenal digesta and possibilities of estimating microbial outflow from the rumen based on reticular sampling in dairy cows. **Journal of Animal Science**, v.85, p.2606–2613, 2007.
- HUHTANEN, P.; BROTZ, P.G.; SATTER, L.D. Omasal sampling technique for assessing fermentative digestion in the forestomach of dairy cows. **Journal of Animal Science**, v.75, p.1380–1392, 1997.
- JARRET, J.G. The production of rumen and abomasal fistulas in sheep. **Journal of Council of Science Industrial Research**, .21, p.311-315, 1948.
- KATAN, M.B.; ZOCK, P.L.; MENSINK, R.P. Effects of fats and fatty acid on blood lipids in humans: a review. **American Journal of Clinical Nutrition**, v.60 (Suppl. 1), p.1017-1022, 1994.
- KRAMER, J.K.G.; PARODI, P.W.; JENSEN, R.G.; MOSSOBA, M.M.; YURAWECZ, M.P.; ADLOF, R.O. Rumenic acid: a proposed common name for the major conjugated linoleic acid isomer found in natural products. **Lipids**, v.33, p.835, 1998.
- KRIZSAN, S.J.; AHVENJÄRVI, S.; VOLDEN, H.; BRODERICK, G.A. Estimation of rumen outflow in dairy cows fed grass silage-based diets by use of reticular sampling as an alternative to sampling from the omasal canal. **Journal of Dairy Science**, v.9, p.1138–1147, 2010.
- LANA, D.P.D. **Estimativa da composição química do corpo vazio de tourinhos Nelore através da gravidade específica da carcaça e da composição de cortes das costelas**. 1988. 131p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1988.
- LOERCH, S.C. Effects of feeding growing cattle high-concentrate diets at a restricted intake on feedlot performance. **Journal of Animal Science**, v.68, p.3086–3095, 1990.
- MARCONDES, M.I.; VALADARES FILHO, S.C. et al. Predição da composição corporal e da carcaça de animais Nelore puros e cruzados. In: 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. p. 65-84, Viçosa, MG, 2010.

- MARCONDES, M.I.; VALADARES FILHO, S.C.; OLIVEIRA, I.M. Exigências de energia de animais Nelore puros e mestiços com as raças Angus e Simental. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, p.872-881, 2011.
- MCBRIDE, B.W.; MILLIGAN, L.P.; TURNER, B.V. Endoscopic observations of digesta transfer from the reticulo-rumen to omasum of cattle. **Canadian Journal of Animal Science**, v.64, suppl, p.84-85, 1984.
- McGUIRE, M.A. & McGUIRE, M.K. Conjugated linoleic acid (CLA): a ruminant fatty acid with beneficial effects on human health. 1999. **Proceedings of the American Society of Animal Science**. www.asas.org/JAS/symposia/proceedings/0938.pdf.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. **Nutrient requirements of beef cattle**. 7.ed. Washington, D.C.: 2000. 242p.
- NOCI, F.; O'KIELY, P.; MONAHAN, F.J.; STANTON, C.; MOLONEY, A.P. Conjugated linoleic acid concentrations in *M. Longissimus dorsi* from heifers offered sunflower oil-based concentrated and conserved forages. **Meat Science**, v.69, p.509-518, 2005.
- OLDICK, B.S.; FIRKINDS, J.L.; ST-PIERRE, N.R. Estimation of microbial nitrogen flow to the duodenum of cattle based on dry matter intake and diet composition. **Journal of Dairy Science**, v.82, p.1497-1511, 1999.
- PARK Y. & PARIZA, M.W. Mechanisms of body fat modulation by conjugated linoleic acid (CLA). **Food Research International**, p.40311-40323, 2007.
- PAULINO, P.V.R.; COSTA, M.A.L.; VALADARES FILHO, S.C.; PAULINO, M.F.; VALADARES, R.F.D.; MAGALHÃES, K.A.; DETMANN, E.; PORTO, M.O.; MORAES, K.A.K. Validação das equações desenvolvidas por Hankins & Howe para predição da composição da carcaça de zebuíno e desenvolvimento de equações para estimativa da composição corporal. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, p.327-339, 2005.
- PHILLIPSON, A.T. & INNES, J.R.M. Permanent stomach fistulae in ruminants. **Q. Journal of Experiments in Physiology**, v.29, p.333-340, 1939.
- 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.

- PRESTON, T.R. Nutritional limitations associated with the feeding of tropical forages. **Journal of Animal Science**, v.54, p.877-884, 1982.
- PRITCHARD, R.H.; & MALES, J.R. Effect of crude protein and ruminal ammonia-N on digestibility and ruminal outflow in beef cattle fed wheat straw. **Journal of Animal Science**, v.60, p.822-831, 1985.
- PUNIA, B.S., J. LEIBHOLZ, & FAICHNEY, G.J. Effects of level of intake and urea supplementation of alkali-treated straw on protozoal and bacterial nitrogen synthesis in the rumen and partition of digestion in cattle. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.39, p.1181– 1194, 1988.
- ROTTA, P. P.; PRADO, R. M.; PRADO, I. N.; VALERO, M. V.; VISENATINER, J. V.; SILVA, R. R. The effects of genetic groups, nutrition, finishing systems and gender of Brazilian cattle on carcass characteristics and beef composition and appearance: a review. **Asian Australasian Journal of Animal Science**, v.22, p.1718-1734, 2009.
- RUPP, G.P.; KREIKEMEIR, K.K.; PERINO, L.J.; ROSS, G.S. Measurement of volatile fatty acid disappearance and fluid flux across the abomasum of cattle utilizing an improved omasal cannulation technique. **American Journal of Veterinary Research**, v.55, p.522-529, 1994.
- SATTER, L.D.; LOPEZ-GUISA, J.M.; COMBS, D.K. **Utilization of maize crop residues by growing dairy heifers and use of rare earth elements as digesta markers in the gut.** In Isotope Aided Studies on Non-protein Nitrogen and Agro-industrial By-products Utilization by Ruminants, pp. 89–101. Vienna, Austria: International Atomic Energy Agency, 1987.
- SCHMID, A.; COLLOMB, M. SIEBER, R.; BEE, G. Conjugated linoleic acid in meat and meat products: a review. **Meat Science**, v.73, p.29-41, 2006.
- SEÇKIN, A.K.; GURSOY, R.; KINIK, O.; AKBULUT, N. Conjugated linoleic acid (CLA) concentration, fatty acid composition and cholesterol content of some Turkish dairy products. **LWT**, v.38, p.909-915, 2005.
- SIDDONS, B.Y.R.C.; PARADINE, J.; BEEVER, D.E.; CORNELL, P.R. Ytterbium acetate as a particulate-phase digesta flow marker. **British Journal of Nutrition**, v.54, p.509-519, 1985.
- SILVA, F.F. **Desempenho, características de carcaça, composição corporal e exigências nutricionais (de energia, proteína, aminoácidos e macrominerais) de**

- novilhos Nelore, nas fases de recria e engorda, recebendo diferentes níveis de concentrado e proteína.** 2001. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2001.
- SISSONS, J.W. & SMITH, R.H. Measurement of flow and sampling of digesta in the preruminant calf. **Journal of Physiology**, v.283, p.307-317, 1978.
- SUTHERLAND, T.M. **Particle separation in the forestomachs of sheep.** In: Aspects of digestive physiology in ruminants, Cornell University Press, p.43-73, 1988.
- VALADARES FILHO, S.C.; MARCONDES, M.I.; CHIZZOTTI, .M; PAULINO, P.V.R. **Exigências nutricionais de zebuínos puros e cruzados – BR CORTE.** 2 ed. Viçosa : UFV, Suprema Gráfica Ltda. 2010, 193p.
- WARD, G.M.; YOUNG, F.W.; HUFFMAN, C.F. A duodenal fistula for physiology studies in the bovine. **Journal of Dairy Science**, v.33, p.384-385, 1950.
- WEBB, E.C.; O'NEILL, H.A. The animal fat paradox and meat quality: review. **Meat Science**, v.80, p.28-36, 2008.

Capítulo 1

Desempenho produtivo de bovinos cruzados Holandês × Zebu alimentados com silagem de milho ou cana-de-açúcar em diferentes proporções

Resumo - Objetivou-se com este experimento avaliar o consumo de matéria seca e dos constituintes da dieta, a digestibilidade, o desempenho e as características de carcaça de bovinos alimentados com silagem de milho ou cana-de-açúcar em diferentes proporções. O experimento foi realizado no Laboratório Animal da Universidade Federal de Viçosa. Foram utilizados 36 bovinos cruzados, não castrados, com peso inicial de $328 \pm 39,47$ kg e idade média de 24 meses, distribuídos em delineamento inteiramente casualizado em seis dietas, durante 84 dias. Foram utilizadas a silagem de milho (SM) e a cana-de-açúcar *in natura* (CA) nas proporções de 60 ou 40% na base da matéria seca (MS) total das dietas. As seis dietas experimentais foram assim constituídas: 1) 60SM:40% de concentrado (C) (84 dias); 2) 60SM:40C (42 dias) e 40SM:60C (42 dias); 3) 40SM:60C (84 dias); 4) 60CA:40C (84 dias); 5) 60CA:40C (42 dias) e 40CA:60C (42 dias) e 6) 40CA:60C (84 dias). Os consumos de matéria seca (MS), extrato etéreo (EE) e fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína bruta (FDNcp) (kg/dia) foram maiores ($P < 0,05$) para os animais alimentados com dietas à base de silagem de milho. As digestibilidades da MS, matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB) e carboidratos não fibrosos (CNF) foram maiores ($P < 0,05$) para os animais alimentados com dietas à base de cana-de-açúcar. Os animais alimentados com dietas à base de silagem de milho, na proporção 40:60 apresentaram maior ($P < 0,05$) ganho médio diário em relação aos alimentados com dietas contendo cana-de-açúcar. No entanto, não houve diferença ($P > 0,05$) para o ganho médio diário entre as dietas à base de silagem de milho na proporção 60:40 e à base de cana-de-açúcar na proporção 40:60. Quando se utilizou a cana-de-açúcar houve aumento no GMD para os animais submetidos à dieta reversa em relação à dieta com maior proporção de volumoso. Conclui-se que a cana-de-açúcar pode substituir a silagem de milho em dietas de bovinos cruzados terminados em confinamento, desde que haja aumento de 20% na quantidade de concentrado fornecida na dieta.

Palavras-chave: características de carcaça, consumo alimentar residual, digestibilidade, ganho residual, pH, ureia

Animal performance of crossbred (Holstein × Zebu) bulls fed with corn silage or sugar cane in different ratios

Abstract - The aim of this study was to evaluate the dry matter intake and nutrients intake, digestibility, animal performance and the carcass characteristics of crossbred bulls fed with corn silage or sugar cane in different ratios. The experiment was realized at Animal Feedlot Laboratory of Universidade Federal de Viçosa. 36 crossbred bulls (Holstein × Zebu) with average body weight of 328 ± 39.47 kg and 24 months were used. The bulls were randomly allocated in six different diets, with six bulls in each one. The diets evaluated were corn silage (CS) and sugar cane (SC) with 60 or 40% in dry matter (DM) of total diet. The experimental diets were: 1) 60CS:40% concentrate (C) (84 days); 2) 60CS:40C (42 days) and 40CS:60C (42 days); 3) 40CS:60C (84 days); 4) 60SC:40C (84 days); 5) 60SC:40C (42 days) and 40SC:60C (42 days); 6) 40SC:60C (84 days). The experiment was conducted in completely randomized design with duration of 84 days. The dry matter intake, crude protein intake, ether extract intake and neutral detergent fiber corrected to ash and crude protein intake (kg/day) were higher ($P < 0.05$) to bulls fed with corn silage diets. The digestibility to dry matter, organic matter, crude protein and non-fiber carbohydrates were higher ($P < 0.05$) to bulls fed with sugar cane diets. The bulls fed with 40% of corn silage presented higher ($P < 0.05$) average daily gain in comparison to bulls fed with sugar cane. However, did not have difference ($P > 0.05$) to average daily gain between the diets with 60% of corn silage and 40% of sugar cane. When sugar cane was used, it was observed an increase in average daily gain to bulls fed with reverse diet in comparison with the diet with a higher proportion of roughage. It can be conclude that the sugar cane can replace the corn silage in diets of crossbred (Holstein × Zebu) bulls finished in feedlot but it is necessary an increase of 20% in the amount of concentrate in the diet.

Keywords: carcass characteristics, digestibility, pH, residual feed intake, residual intake, urea

Introdução

Um dos grandes problemas enfrentados pelos pecuaristas no período da entressafra é a escassez de forragens (Ferraz & Felício, 2010) com a consequente falta de volumosos adequados em quantidade e qualidade, o que pode afetar o sistema de produção animal (Amaral Neto et al., 1998).

No período da seca, quando a oferta de pasto é escassa, o confinamento pode ser utilizado como alternativa para a produção de bovinos de corte (Rossi & Loerch, 2001; Fernandes et al., 2007; Vieira e Silva et al., 2008; Oliveira et al., 2009). Entretanto, para que essa atividade seja economicamente viável, torna-se necessária a utilização de alimentos que possam substituir os tradicionais, como a silagem de milho, levando, com isso, à redução dos custos de produção (Wanapat, 2009).

A silagem de milho é considerada o volumoso padrão em virtude dos teores adequados de carboidratos solúveis encontrados na planta, que resultam em fermentação láctica, promovendo a conservação do alimento com alto valor nutritivo e de grande aceitação pelos animais, com grande produção por unidade de área (Velho et al., 2007).

Um volumoso potencial para substituir a silagem de milho é a cana-de-açúcar *in natura*; entretanto, devido ao consumo da cana-de-açúcar ser inferior ao da silagem de milho (Fernandes et al., 2007), é necessário ajustar a dieta com concentrado para que se obtenha desempenho similar ao obtido em bovinos alimentados com silagem de milho (Pinto et al., 2010). Assim, a cana-de-açúcar, quando corretamente associada a concentrados, pode ser uma alternativa para bovinos em confinamento, principalmente em regiões sucroalcooleiras (Pate, 1981; Fernandes et al., 2007).

Para otimizar o ganho de peso em confinamento, alternativas relacionadas à quantidade de concentrado oferecida devem ser avaliadas. O custo destinado a alimentação dos animais compreende cerca de 70% dos custos do sistema. Dessa forma,

torna-se necessário o conhecimento da quantidade de concentrado que poderá proporcionar maior eficiência produtiva. Assim, uma alternativa seria a adoção de dietas reversas na metade do período de confinamento. Nesse caso, os animais passam a consumir uma dieta com maior proporção de concentrado na fase final objetivando explorar um possível ganho adicional que o animal possa apresentar mesmo estando confinado (Loerch, 1990).

Uma das maneiras mais utilizadas para mensurar a eficiência alimentar em bovinos é a conversão alimentar, expressa como o alimento ingerido dividido pelo ganho de peso. O inverso, conhecido como eficiência alimentar também é frequentemente utilizado (Smith et al., 2010). No entanto, um problema observado em sua utilização é a relação muito próxima dessas variáveis com a ingestão de alimentos e a razão do ganho (Jones et al., 2011). Dessa forma, a utilização do consumo alimentar residual e do ganho residual são variáveis que melhor expressam o potencial produtivo do animal.

Dessa forma, objetivou-se avaliar o consumo voluntário, a digestibilidade, o desempenho e as características de carcaça de bovinos cruzados Holandês × Zebu alimentados com silagem de milho ou cana-de-açúcar em diferentes proporções.

Material e Métodos

Manejo animal, delineamento experimental e dietas

O experimento foi conduzido no confinamento animal do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG. Foram utilizados 36 bovinos machos não castrados cruzados (Holandês × Zebu) com idade média de 24 meses e peso corporal médio de 328 ± 39 kg.

O experimento foi realizado em delineamento inteiramente casualizado. A duração total do experimento foi de 84 dias, divididos em quatro períodos de 21 dias cada.

Os animais foram confinados em baias individuais, com piso de concreto, providas de comedouro e bebedouro de concreto, com área total de 30 m², sendo 8 m² cobertos. Os mesmos foram submetidos a um período de adaptação ao local do experimento de 30 dias e receberam diariamente uma dieta à base de capim elefante triturado como volumoso à vontade e 2 kg de concentrado com 200 g/kg de proteína bruta. Durante esse período, os animais foram identificados e tratados contra ecto e endoparasitas. Após esse período de adaptação, os animais foram pesados em jejum de sólidos por 14 horas e as dietas aleatoriamente distribuídas para os animais.

Posterior à distribuição, os animais foram submetidos a uma adaptação à dieta experimental por 14 dias com gradual aumento da quantidade de concentrado e da mistura ureia + sulfato de amônio (9:1) na dieta. O aumento gradual consistiu em fornecer metade da quantidade necessária na primeira semana do concentrado e da mistura ureia + sulfato de amônio e no fornecimento total da dieta na segunda semana de adaptação.

No início do período experimental, os animais foram novamente pesados em jejum de sólidos por 14 horas e receberam as seguintes dietas experimentais (proporções com base na matéria seca), de acordo com o grupo em que foram designados:

- 1) 60% de silagem de milho + 40% de concentrado (durante 84 dias);
- 2) 60% de silagem de milho + 40% de concentrado (primeiros 42 dias) e 40% de silagem de milho + 60% de concentrado (últimos 42 dias);
- 3) 40% de silagem de milho + 60% de concentrado (durante 84 dias);
- 4) 60% de cana-de-açúcar *in natura* + 40% de concentrado (durante 84 dias);

5) 60% de cana-de-açúcar *in natura* + 40% de concentrado (primeiros 42 dias) e 40% de cana-de-açúcar *in natura* + 60% de concentrado (últimos 42 dias);

6) 40% de cana-de-açúcar *in natura* + 60% de concentrado (durante 84 dias).

A silagem de milho foi coletada no silo tipo trincheira uma hora antes do fornecimento aos animais e a cana-de-açúcar (planta inteira) foi triturada diariamente antes do arração. A silagem de milho e a cana-de-açúcar tiveram o teor de matéria seca (MS) avaliada diariamente para ajuste da quantidade fornecida aos animais de concentrado e da mistura ureia + sulfato de amônio. Foi utilizada uma mistura de ureia + sulfato de amônio (9:1) para elevar os teores da proteína bruta (PB) dos volumosos para 12%. A avaliação diária do teor de matéria seca foi realizada em duplicata, utilizando um forno microondas convencional, de acordo com as recomendações da National Forage Testing Association (1993).

O grau *brix* da cana-de-açúcar foi medido no 10º dia de cada período experimental. Três amostras de cana-de-açúcar foram aleatoriamente coletadas e o grau *brix* foi estimado utilizando-se um refratômetro manual. A média observada para o grau *brix* da cana-de-açúcar durante o experimento foi de 22±1.

Um único concentrado constituído de 90,40% de fubá de milho; 7,90% de farelo de soja; 0,85% de mistura mineral e 0,85% de sal comum foi fornecido para todos os animais, estando a composição dos ingredientes mostrada na Tabela 1.

Tabela 1 - Composição química dos alimentos utilizados nas dietas experimentais

Alimentos	MS ¹	MO ²	PB ³	EE ⁴	FDNcp ⁵	CNF ⁶	FDNi ⁷
	g/kg						
Silagem de milho	300,8	947,1	65,7	32,44	515,70	333,30	140,20
Cana-de-açúcar	281,6	973,8	28,3	15,76	458,70	471,04	222,06
Milho	901,9	989,4	94,8	35,70	144,40	714,50	1,71
Farelo de soja	875,0	951,8	528,0	14,80	124,20	284,80	0,64
Mistura mineral	975,4	160,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Sal comum	933,1	114,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Ureia + sulfato de amônio	950,6	984,9	2630,8	0,0	0,0	0,0	0,0

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

As dietas experimentais foram isoprotéicas (± 120 g/kg de proteína bruta) e formuladas para ganho de 1,20 kg/dia de acordo com Valadares Filho et al. (2010) (Tabela 2).

Tabela 2 - Proporções dos alimentos no concentrado e nas dietas (g/kg MS), composição do concentrado e das dietas na base da matéria seca

Itens	Concentrado	Silagem de milho		Cana-de-açúcar	
		60:40	40:60	60:40	40:60
g/kg					
Volumoso	-	600*	400*	600 [#]	400 [#]
Milho	904,00	361,60	542,40	361,60	542,40
Farelo de soja	79,00	31,60	47,40	31,60	47,40
Mistura mineral	8,50	3,40	5,10	3,40	5,10
Sal comum	8,50	3,40	5,10	3,40	5,10
Composição química (g/kg)					
MO ¹	973,40	957,60	962,90	973,60	962,90
PB ²	126,20	124,60	129,40	117,60	129,10
EE ³	33,50	33,00	20,60	13,20	19,80
FDNcp ⁴	140,30	366,60	295,50	324,10	262,50
CNF ⁵	673,40	453,55	530,83	552,80	574,24
FDNi ⁶	3,31	97,60	75,40	144,76	106,80

*20,6 g de ureia + sulfato de amônio por kg de MS do volumoso consumido; [#]34,87 g de ureia + sulfato de amônio por kg de MS do volumoso consumido; ¹Matéria orgânica, ²Proteína bruta, ³Extrato etéreo, ⁴Fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína bruta, ⁵Carboidratos não fibrosos; ⁶Fibra em detergente neutro indigestível

O volumoso (silagem de milho ou cana-de-açúcar) foi fornecido em sua totalidade às 8h00 juntamente com a mistura ureia + sulfato de amônio e metade da quantidade diária do concentrado. Primeiramente foi realizada a incorporação da ureia + sulfato de amônio ao volumoso e posteriormente o concentrado foi adicionado. Às 15h00, a outra metade do concentrado foi fornecida aos animais. As quantidades de volumoso, concentrado e ureia + sulfato de amônio fornecidas, bem como as sobras, foram registradas diariamente. A dieta fornecida aos animais foi ajustada para manter as sobras em torno de 5 a 10% na base da matéria natural, com água permanentemente à disposição dos mesmos.

Amostragens dos alimentos e das sobras

Os volumosos e as sobras de cada animal foram diariamente amostrados, sendo que as sobras foram amostradas em torno de 10% do total e posteriormente acondicionadas em freezer (-20°C). Semanalmente, uma amostra composta de silagem de milho, cana-de-açúcar e amostras compostas de sobras de cada animal foram submetidas à secagem em estufa com circulação forçada (55°C) e moídas em moinho de facas (1 mm e 2 mm) para os períodos em que foram realizados os ensaios de digestibilidade).

Posteriormente, foi avaliada a MS total dessas amostras por intermédio da secagem em estufa a 105°C por 16 horas. Com base no teor de MS de sobras de cada animal e no teor de MS da silagem de milho e da cana-de-açúcar oferecida, foram realizadas amostras compostas proporcionais à quantidade de sobras e à quantidade de volumoso oferecida para cada três semanas. Dessa forma, ao final do experimento obtiveram-se quatro amostras compostas de sobras e volumosos, sendo cada amostra composta, representativa de três semanas.

Os ingredientes que compuseram o concentrado foram amostrados nos dias das misturas dos mesmos. Durante cada período experimental (21 dias), foram realizadas duas misturas dos ingredientes, uma a cada 10 dias, sendo realizada uma amostra composta dos ingredientes por período.

Ensaio de digestibilidade

Para avaliação dos coeficientes de digestibilidade total foram realizadas coletas pontuais de fezes de todos os animais durante os últimos três dias dos períodos dois e quatro. As coletas foram efetuadas às 6h00, 12h00 e 18h00 dos dias um, dois e três, respectivamente. As amostras de fezes foram secas em estufa com ventilação forçada

(55°C) por 72 horas e moídas em moinho de facas a 1 e 2 mm. Uma amostra composta foi realizada por período de coleta para cada animal, utilizando-se 15 g da amostra seca e moída por horário de coleta.

Análises químicas

As amostras de silagem de milho, cana-de-açúcar, ingredientes do concentrado, sobras e fezes foram quantificadas quanto aos teores de MS, matéria mineral (MM), nitrogênio total e extrato etéreo (EE), conforme Silva & Queiroz (2002). A PB foi obtida pelo produto entre o nitrogênio total e o fator 6,25. O teor de fibra em detergente neutro (FDN) foi obtido de acordo com Mertens (2002). Nas análises de farelo de soja foi acrescentado sulfito de sódio (Undersanter et al., 1993) a fim de reduzir a retenção do conteúdo protéico. O sistema Ankom[®] foi utilizado para as avaliações de FDN, adicionando-se α -amilase termoestável. Sacos filtrantes de tecido não tecido (100 g/m²) foram utilizados para as extrações. O teor de FDN foi corrigido para cinzas e proteína bruta em todas as amostras.

Os carboidratos não fibrosos (CNF) foram calculados como proposto por Detmann & Valadares Filho (2010), em que $CNF = 1000 - [(g/kg PB - g/kg PB derivado da ureia + g/kg ureia) + g/kg FDN_{cp} + g/kg EE + g/kg MM]$. Os teores de nutrientes digestíveis totais (NDT) das dietas foram estimados através da soma dos nutrientes digestíveis, em que $NDT = PBD + 2,25 \times EED + FDND + CNFD$ (NRC, 2001). A energia digestível (ED) foi obtida a partir dos nutrientes digestíveis multiplicados pelos seus respectivos valores energéticos, conforme descrito pelo NRC (2001), enquanto a concentração de energia metabolizável (EM) foi considerada 82% da ED (Coelho da Silva & Leão, 1979).

Abates e características de carcaça

Ao final dos 84 dias de experimento, todos os animais foram abatidos nas instalações da Universidade Federal de Viçosa, sendo nove animais aleatoriamente selecionados para cada dia de abate.

Antes dos abates, os animais foram submetidos a jejum de sólidos por 16 horas. O abate foi realizado via insensibilização e secção da jugular. Após o abate, a carcaça de cada animal foi dividida em duas meias carcaças. O pH das carcaças esquerdas foi mensurado por um potenciômetro digital cerca de 45 minutos após o abate do animal. As meias carcaças esquerdas foram pesadas e resfriadas em câmara fria a 4°C durante 24 horas. Doze e 24 horas após o abate, as carcaças tiveram o pH novamente avaliado. Depois de resfriadas, as carcaças foram pesadas para avaliação do rendimento de carcaça fria, sendo também mensurado o comprimento da carcaça e a espessura de gordura subcutânea, utilizando-se um paquímetro eletrônico, sendo a última avaliação realizada na altura da 12^a costela.

Análises estatísticas

Os dados referentes ao ganho médio diário, peso de carcaça fria, peso de carcaça quente, espessura de gordura de cobertura, comprimento de carcaça, rendimento de carcaça quente e frio, e consumo voluntário foram analisados em delineamento inteiramente casualizado utilizando o procedimento PROC MIXED do SAS (versão 9.2). Quando pertinente, as médias foram comparadas utilizando-se o teste de Tukey. Adotou-se 0,05 como nível crítico de probabilidade para o erro tipo I.

Os dados referentes à digestibilidade e ao pH da carcaça foram considerados medidas repetidas no tempo, sendo avaliados como modelos mistos utilizando o PROC MIXED do SAS (versão 9.2). O período foi considerado como efeito fixo para a

digestibilidade e o tempo de mensuração como efeito fixo para o pH da carcaça e os animais como efeito aleatório. As variâncias residuais distintas foram modeladas utilizando o comando REPEATED. Foi adotada a matriz auto regressiva heterogênea de primeira ordem [ARH (1)]. As comparações entre períodos foram realizadas utilizando o método de Tukey-Kramer a 0,05 como nível crítico de probabilidade para o erro tipo I.

Resultados e Discussão

Consumo voluntário

O consumo de MS (kg/dia) foi maior ($P < 0,05$) para os animais alimentados com dietas contendo silagem de milho, independente da proporção de volumoso fornecida (Tabela 3). Valores intermediários ($P < 0,05$) para o consumo de MS (kg/dia) foram observados para os animais alimentados com dietas à base de cana-de-açúcar na dieta reversa 60:40 – 40:60 e na proporção 40:60 (Tabela 3). No entanto, os animais alimentados com cana-de-açúcar na proporção 60:40 apresentaram o menor ($P < 0,05$) consumo de MS (kg/dia) (Tabela 3). De acordo com Van Soest (1965) e Smith et al. (1972), o tipo de FDN encontrada nos alimentos é um dos componentes do alimentato responsável por alterações no consumo de MS. Assim, pode-se inferir que o tipo de FDN encontrada na silagem de milho e na cana-de-açúcar difere e essa diferença poderia estar influenciando no consumo de MS.

Dessa forma, observa-se que o fornecimento de dietas que contêm como volumoso a cana-de-açúcar *in natura* triturada, resulta em diminuição do consumo de MS, expresso em kg/dia. Conseqüentemente, o menor consumo de MS é responsável pela menor ingestão de energia e proteína bruta que são utilizados para o crescimento animal, seja pela deposição de músculo ou pela deposição de gordura.

O consumo de MS expresso em g/kg de peso corporal foi maior ($P < 0,05$) para os animais alimentados com as dietas à base de silagem de milho (60:40 e 40:60) em relação às dietas contendo cana-de-açúcar. No entanto, não houve diferença ($P > 0,05$) para o consumo de MS entre os bovinos alimentados à base de silagem de milho na dieta reversa e os bovinos alimentados com dietas contendo cana-de-açúcar na proporção 40:60 e na dieta reversa (Tabela 3).

Tabela 3 - Consumos de matéria seca e dos constituintes da dieta de bovinos cruzados alimentados com dietas contendo silagem de milho ou cana-de-açúcar em diferentes proporções

Itens	Dietas						Valor – P
	Silagem de milho			Cana-de-açúcar			
	60:40	60:40 40:60	40:60	60:40	60:40 40:60	40:60	
	(kg/dia)						
MS ¹	10,48 ^a	10,07 ^a	10,19 ^a	7,71 ^c	8,38 ^b	8,96 ^b	<0,0001
MO ²	9,92 ^a	9,59 ^a	9,73 ^a	7,31 ^c	7,99 ^{bc}	8,57 ^{ab}	0,0001
PB ³	1,30 ^a	1,26 ^a	1,27 ^a	1,05 ^b	1,15 ^b	1,21 ^{ab}	0,0279
EE ⁴	0,35 ^a	0,34 ^a	0,34 ^a	0,18 ^c	0,21 ^{bc}	0,23 ^b	<0,0001
FDNcp ⁵	3,52 ^a	2,95 ^b	2,78 ^b	2,09 ^c	2,00 ^c	1,97 ^c	<0,0001
CNF ⁶	5,01 ^{ab}	5,23 ^a	5,52 ^a	4,41 ^b	5,00 ^{ab}	5,48 ^a	0,0195
NDT ⁷	7,33 ^a	7,31 ^a	7,17 ^a	5,90 ^c	6,53 ^{bc}	6,92 ^{ab}	0,0048
ED ⁸ (Mcal/dia)	30,80 ^a	30,72 ^a	30,13 ^a	24,79 ^c	27,42 ^{bc}	29,07 ^{ab}	0,0048
EM ⁹ (Mcal/dia)	25,26 ^a	25,19 ^a	24,71 ^a	20,33 ^c	22,49 ^{bc}	23,84 ^{ab}	0,0048
	(g/kg peso corporal)						
MS ¹	24,60 ^a	24,10 ^{ab}	24,30 ^a	19,20 ^c	22,50 ^b	22,30 ^b	0,0001
FDNcp ⁵	8,30 ^a	7,00 ^b	6,60 ^b	5,20 ^c	5,30 ^c	4,90 ^c	<0,0001

¹Matéria seca, ²Matéria orgânica, ³Proteína bruta, ⁴Extrato etéreo, ⁵Fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína bruta, ⁶Carboidratos não fibrosos, ⁷Nutrientes digestíveis totais, ⁸Energia digestível, ⁹Energia metabolizável

O efeito depressivo da cana-de-açúcar para o consumo de MS em dietas para ruminantes pode estar relacionado à baixa digestibilidade potencial da FDN ou com a baixa taxa de digestão da fibra no rúmen (Preston, 1982). Dessa forma, a baixa degradação da cana-de-açúcar no rúmen implica em limitação na taxa de reciclagem ruminal e, conseqüentemente, em baixo consumo (Ravelo et al., 1978). Orskov &

Hovell (1978) mostraram que a taxa de digestão da fibra da cana-de-açúcar é muito baixa no rúmen e que o acúmulo de fibra não digerível limita o consumo voluntário. Além disso, Oliveira et al. (2011) demonstraram que o efeito da repleção ruminal da FDN da cana-de-açúcar deve-se à fração indigestível, majoritária, apesar da maior taxa de degradação numérica da fração potencialmente degradável da FDN em relação à silagem de milho.

Magalhães (2010) observou que as taxas de ingestão e de digestão foram maiores para a MS e FDNcp, respectivamente, para a dieta à base de silagem de milho em relação às dietas contendo silagem de cana-de-açúcar. Da mesma forma, Menezes et al. (2011) observaram maiores taxas de ingestão e de passagem para a matéria seca e para a FDNcp em dietas à base de silagem de milho, quando comparada à dieta contendo cana-de-açúcar *in natura*. Isso pode explicar o maior consumo de MS que os bovinos alimentados com dietas à base de silagem de milho apresentaram.

Oliveira et al. (2011) observaram que o consumo de matéria seca e a digestibilidade são maiores quando os animais são alimentados com silagem de milho em relação à cana de açúcar. Dessa forma, esse seria o principal limitante para a utilização da cana-de-açúcar na alimentação de ruminantes, por comprometer o desempenho animal.

O peso corporal médio e o ganho médio diário dos bovinos para as dietas 1, 2, 3, 4, 5 e 6 foram, respectivamente: 422,96; 415,92; 411,25; 394,4; 384,0; 393,54 kg e 1,58; 1,63; 1,79; 1,00; 1,28; 1,42 kg/dia. Valadares Filho et al. (2010) estimam que bovinos cruzados não castrados com os mesmos ganhos médios obtidos neste experimento, teriam consumo de MS de 9,31; 8,63; 9,11; 8,32; 8,56 e 8,81 kg/dia para os pesos corporais médios acima descritos, respectivamente. Enquanto os consumos de MS observados foram 10,48; 10,07; 10,19; 7,71; 8,38 e 8,96 kg/dia para os mesmos

pesos corporais. Tomando as médias das dietas contendo silagem de milho, observa-se que os consumos observados (10,25 kg) foram aproximadamente 10% superiores aos estimados (9,01 kg), enquanto para as dietas contendo cana-de-açúcar, os consumos observados foram muito próximo dos estimados (8,56 versus 8,35 kg, em média).

O consumo de MO (kg/dia) foi maior ($P < 0,05$) para os animais alimentados com dietas à base de silagem de milho independente da proporção de volumoso e para os animais alimentados à base de cana-de-açúcar na proporção 40:60 (Tabela 3) em relação aos alimentados com dieta contendo cana-de-açúcar na proporção 60:40.

O consumo de PB (kg/dia) foi maior ($P < 0,05$) para os animais alimentados com silagem de milho independente da proporção de volumoso utilizada em relação aos animais alimentados com dietas contendo cana-de-açúcar na proporção 60:40 e na dieta reversa (Tabela 3). No entanto, o consumo de PB (kg/dia) para os animais alimentados com cana-de-açúcar na proporção de 40:60 não diferiu ($P > 0,05$) do consumo de PB (kg/dia) dos animais alimentados com cana-de-açúcar na proporção 60:40 e na dieta reversa (60:40 – 40:60) (Tabela 3).

Embora a cana-de-açúcar apresente em sua composição menor percentagem de proteína bruta, a mesma foi balanceada para todas as dietas; dessa forma, a diferença do consumo de PB (kg/dia) resultado da diferença no consumo de MS (kg/dia) entre as diferentes dietas. Pinto et al. (2010) observaram menor consumo de proteína bruta para os animais alimentados com cana-de-açúcar em diferentes níveis de concentrado em relação aos animais alimentados com silagem de sorgo. De acordo com Magalhães et al. (2006), independentemente da estratégia de alimentação utilizada, forragens de qualidades diferentes afetam a ingestão de MS e conseqüentemente a ingestão dos constituintes da dieta. A menor ingestão observada para os animais alimentados com dietas à base de cana-de-açúcar pode ser explicada pelo fato da cana-de-açúcar

apresentar maior fração indigestível da fibra, que está negativamente correlacionada com a ingestão de matéria seca (Magalhães, 2010).

O consumo de extrato etéreo (CEE) (kg/dia) foi maior ($P < 0,05$) para os animais alimentados com as dietas à base de silagem de milho, independente da proporção de volumoso utilizada (Tabela 3). O menor ($P < 0,05$) CEE (kg/dia) foi observado para os animais alimentados com dietas à base de cana-de-açúcar na proporção 60:40, mas esse não diferiu ($P > 0,05$) daquele obtido pelos animais alimentados na dieta reversa à base de cana-de-açúcar.

O consumo de fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína bruta (FDNcp) (kg/dia) foi maior ($P < 0,05$) para os animais alimentados com dietas à base de silagem de milho na proporção 60:40 (Tabela 3), seguido pelos animais alimentados com 40% de silagem de milho e na dieta reversa, que apresentaram valores intermediários ($P < 0,05$). Os menores valores para o consumo de FDNcp (kg/dia) foram observados para os animais alimentados à base de cana-de-açúcar, independente da proporção de volumoso fornecida.

Quando expressos em g/kg peso corporal, o consumo de FDNcp foi maior ($P < 0,05$) para os animais alimentados com dietas à base de silagem de milho na proporção de 60% (Tabela 3). Valores intermediários ($P < 0,05$) foram observados para os animais alimentados com as demais dietas contendo silagem de milho. No entanto, menores consumos de FDNcp ($P < 0,05$) foram observados para os animais alimentados com dietas à base de cana-de-açúcar independente da proporção de volumoso utilizada.

O consumo de CNF (kg/dia) foi maior ($P < 0,05$) para os bovinos alimentados com as dietas contendo silagem de milho (reversa e dieta 40:60) e para a dieta contendo 40% de cana-de-açúcar em relação à dieta contendo 60% de cana-de-açúcar (Tabela 3).

O consumo de NDT (kg/dia) foi maior ($P<0,05$) para os bovinos alimentados à base de silagem de milho independente da proporção de volumoso utilizada em relação aos animais alimentados com dietas contendo cana-de-açúcar na proporção 60:40 e na dieta reversa. Os consumos de energia digestível e de energia metabolizável apresentaram o mesmo comportamento dos consumos de NDT.

Digestibilidade

As digestibilidades da MS, da MO, da PB e dos CNF foram maiores ($P<0,05$) para os animais alimentados com dietas contendo cana-de-açúcar independente da proporção de volumoso fornecida em relação aos animais alimentados com dietas à base de silagem de milho (Tabela 4). De acordo com Stachhini (1998), o menor consumo das dietas à base de cana-de-açúcar, provavelmente, provocado pelo maior tempo de retenção no rúmen poderia resultar em aumento da digestão da matéria seca e dos constituintes da dieta acima citados.

A maior digestibilidade da PB para as dietas à base de cana-de-açúcar pode ser explicada pela maior quantidade de ureia fornecida nessas dietas e pela melhor sincronia da hidrólise da ureia com a degradação dos carboidratos não fibrosos (Satter & Roffler, 1975; Xin et al., 2010). Essa melhor sincronia é responsável pelo aumento da eficiência da incorporação do nitrogênio não protéico à proteína microbiana (Firkins, 1996). Ribeiro et al. (2011) observaram que a inclusão de nitrogênio não protéico em dietas para bovinos aumenta a digestibilidade da proteína bruta. Devido às dietas à base de cana-de-açúcar terem recebido maior quantidade de ureia, e conseqüentemente, maior teor de nitrogênio não protéico, essa maior quantidade de nitrogênio não protéico pode ter sido responsável pela maior digestibilidade da PB.

Tabela 4 – Digestibilidade da matéria seca e dos constituintes da dieta em bovinos cruzados alimentados com silagem de milho ou cana-de-açúcar em diferentes proporções

Itens (%)	Dietas						Valor - P
	Silagem de milho			Cana-de-açúcar			
	60:40	60:40 40:60	40:60	60:40	60:40 40:60	40:60	
MS ¹	67,70 ^b	68,95 ^b	69,21 ^b	76,41 ^a	76,83 ^a	78,07 ^a	<0,0001
MO ²	69,48 ^b	70,58 ^b	70,78 ^b	76,86 ^a	77,22 ^a	78,59 ^a	<0,0001
PB ³	66,62 ^b	66,43 ^b	65,88 ^b	75,95 ^a	76,43 ^a	75,89 ^a	<0,0001
EE ⁴	78,60 ^c	79,61 ^c	77,61 ^c	84,59 ^a	79,23 ^{bc}	82,92 ^{ab}	0,0370
FDNcp ⁵	53,23 ^a	49,72 ^b	47,67 ^b	44,74 ^c	43,52 ^c	42,56 ^c	<0,0001
CNF ⁶	76,90 ^b	76,23 ^b	72,33 ^b	88,18 ^a	85,69 ^a	86,97 ^a	<0,0001

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

A digestibilidade do EE foi maior ($P < 0,05$) para os animais alimentados com as dietas à base de cana-de-açúcar na proporção 60:40 e 40:60 (Tabela 4). No entanto, não houve diferença ($P > 0,05$) para a digestibilidade do EE entre os animais alimentados com dietas à base de cana-de-açúcar na proporção 40:60 e na dieta reversa.

A digestibilidade da FDNcp foi maior ($P < 0,05$) para os bovinos alimentados com dietas contendo silagem de milho na proporção 60:40 (Tabela 4). Os menores ($P < 0,05$) valores para a digestibilidade da FDNcp foram observados para as dietas à base de cana-de-açúcar independente da proporção volumoso utilizada. Esses resultados podem ser explicados devido a maior taxa de digestão ruminal que dietas à base de silagem de milho apresentam em relação a dietas a base de cana-de-açúcar (Magalhães, 2010; Menezes et al., 2011).

Desempenho animal e características de carcaça

O ganho médio diário (GMD) foi influenciado ($P < 0,05$) pelas diferentes dietas (Tabela 5). Os animais alimentados com dietas à base de silagem de milho na proporção 40:60 apresentaram maior ($P < 0,05$) GMD em relação àqueles alimentados com silagem

de milho na proporção 60:40 e para as dietas à base de cana-de-açúcar. No entanto, não houve diferença ($P>0,05$) para o GMD entre as dietas à base de silagem de milho na proporção 60:40, para a dieta reversa à base de silagem de milho e para a dieta à base de cana-de-açúcar na proporção 40:60.

Tabela 5 – Desempenho animal e características de carcaça de bovinos cruzados alimentados com silagem de milho ou cana-de-açúcar em diferentes proporções

Itens	Dietas						Valor - P
	Silagem de milho			Cana-de-açúcar			
	60:40	60:40 40:60	40:60	60:40	60:40 40:60	40:60	
PCJi ¹ (kg)	356,67	347,67	336,17	352,40	330,17	334,00	0,7934
PCJf ² (kg)	489,25	484,17	486,33	436,40	437,83	453,08	0,1577
GMD ³ (kg)	1,58 ^b	1,63 ^{ab}	1,79 ^a	1,00 ^d	1,28 ^c	1,42 ^b	<0,0001
PCF ⁴ (kg)	276,38 ^a	276,92 ^a	280,38 ^a	235,41 ^b	242,35 ^b	249,46 ^b	0,0233
PCQ ⁵ (kg)	282,47 ^a	282,92 ^a	284,9 ^a	241,1 ^b	248,46 ^b	256,13 ^b	0,0279
EGC ⁶ (mm)	1,58 ^b	2,78 ^a	1,85 ^b	1,20 ^b	1,48 ^b	1,79 ^b	0,0275
COC ⁷ (cm)	136,03	133,30	131,20	132,20	134,77	130,55	0,2788
RCQ ⁸ (%)	56,39	57,29	57,45	54,73	54,96	55,36	0,0935
RCF ⁹ (%)	55,18 ^a	56,08 ^a	56,54 ^a	53,44 ^b	53,61 ^b	53,87 ^b	0,0487

¹Peso corporal em jejum inicial, ²Peso corporal em jejum final, ³Ganho médio diário, ⁴Peso de carcaça fria, ⁵Peso de carcaça quente, ⁶Espessura de gordura de cobertura, ⁷Comprimento de carcaça, ⁸Rendimento de carcaça quente, ⁹Rendimento de carcaça fria

Dessa forma, a cana-de-açúcar pode substituir a silagem de milho em dietas de bovinos cruzados Holandês × Zebu terminados em confinamento sem que haja prejuízos em relação ao GMD. No entanto, para isso, a dieta contendo cana-de-açúcar deve ser fornecida com maior proporção de concentrado. Além disso, observa-se efeito positivo para o ganho adicional para a dieta reversa contendo silagem de milho, pois os animais alimentados com 40% de volumoso apresentaram GMD similar aos animais recebendo a dieta reversa.

A dieta reversa à base de cana-de-açúcar não foi eficaz em proporcionar aos animais um GMD similar ao tratamento contendo cana-de-açúcar 40:60 (Tabela 5). No

entanto, maior ($P < 0,05$) GMD (1,28 versus 1,00 kg/dia) foi observado para a dieta reversa à base de cana-de-açúcar em relação à dieta de cana-de-açúcar na proporção 60:40. Desse modo, para dietas que utilizam cana-de-açúcar como volumoso, a utilização da dieta reversa na metade do período de confinamento aumenta o GMD dos animais alimentados com a dieta na proporção 60:40, e dessa forma, a dieta reversa pode ser uma alternativa adotada nos confinamentos para que se possa aumentar o GMD no final do período de terminação, diminuindo assim, o tempo em que os animais permanecem confinados para serem abatidos.

O peso corporal médio e o ganho médio diário dos bovinos para as dietas 1, 2, 3, 4, 5 e 6 foram, respectivamente: 422,96; 415,92; 411,25; 394,40; 384,00; 393,54 kg e 1,58; 1,63; 1,79; 1,00; 1,28; 1,42 kg/dia. Valadares Filho et al. (2010) preconizam para bovinos cruzados não castrados com os mesmos ganhos médios obtidos neste experimento, exigências de proteína bruta de 1.337; 1.356; 1.429; 1.037; 1.164 e 1.239 g/dia para os pesos corporais médios acima descritos, respectivamente. Os consumos observados foram 1.300; 1.260; 1.270; 1.050; 1.150 e 1.210 g/dia para os mesmos pesos corporais. Dessa forma, observa-se que para as dietas contendo silagem de milho com 60% de concentrado e na dieta reversa os consumos de PB foram cerca de 7 e 12% inferiores, respectivamente, aos sugeridos por Valadares Filho et al. (2010). As exigências calculadas de NDT para bovinos cruzados não castrados com GMD e pesos corporais similares aos obtidos neste experimento são 6,75; 6,82; 7,20; 5,03; 5,63 e 6,07 kg/dia para os pesos corporais de 422,96; 415,92; 411,25; 394,40; 384,00; 393,54 kg, respectivamente (Valadares Filho et al., 2010). Já, os consumos de NDT obtidos neste trabalho foram 7,33; 7,31; 7,17; 5,90; 6,53 e 6,92 kg/dia para os mesmos pesos corporais. Assim, os consumos médios de NDT obtidos neste experimento foram em média 9,80% superiores aos recomendados pelo BR CORTE descrito por Valadares

Filho et al. (2010). Ressalta-se que as diferenças foram menores, quando se considera as médias obtidas para as dietas contendo silagem de milho (7,27/6,92= 5%) em relação às médias dos animais alimentados com dietas contendo cana-de-açúcar (6,45/5,58= 15,6%), o que poderia sugerir que o NDT das dietas contendo cana-de-açúcar tenha sido superestimado, ou que as exigências de animais cruzados Holandês × Zebu sejam diferentes daquelas apresentadas no BR-CORTE (2010), que utilizaram animais cruzados provenientes de raças de corte.

O peso de carcaça fria (PCF) e o peso de carcaça quente (PCQ) foram maiores ($P < 0,05$) para os animais alimentados com dietas à base de silagem de milho em relação à cana-de-açúcar independentemente da proporção de volumoso utilizada (Tabela 5). O maior PCF e PCQ para os animais alimentados com dietas à base de silagem de milho pode ser devido ao maior GMD observado para esses animais em relação aos animais alimentados à base de cana-de-açúcar como volumoso e ao maior rendimento de carcaça.

A espessura de gordura de cobertura (EGC) foi maior ($P < 0,05$) para os animais alimentados com a dieta reversa contendo silagem de milho em relação aos animais das demais dietas (Tabela 5).

Não foi observada diferença ($P > 0,05$) para o comprimento de carcaça (COC) para os animais alimentados com dietas contendo silagem de milho ou cana-de-açúcar em diferentes proporções (Tabela 5). Do mesmo modo, o rendimento de carcaça quente (RCQ) não foi influenciado ($P > 0,05$) pelas diferentes dietas (Tabela 5). Oliveira et al. (2001) e Vaz & Restle (2005), ao avaliarem a substituição da silagem de milho por cana-de-açúcar sobre as características de carcaça de bovinos, também não observaram diferença para o RCQ.

No entanto, foi observada diferença ($P < 0,05$) para o rendimento de carcaça fria (RCF) (Tabela 5). Os animais alimentados com dietas contendo silagem de milho independente da proporção de volumoso utilizada, apresentaram maior ($P < 0,05$) RCF em relação aos animais alimentados com cana-de-açúcar.

As diferentes dietas não influenciaram ($P > 0,05$) o pH da carcaça dos animais nos diferentes tempos em que o mesmo foi avaliado (Tabela 6). Dessa forma, a substituição da silagem de milho pela cana-de-açúcar pode ser feita sem que haja alterações no pH da carcaça, que é um dos parâmetros avaliados para garantir a qualidade da carcaça e consequentemente da carne (Watanabe et al., 1996).

Carcaças com pH final (24 horas) abaixo de 5,8 são consideradas como normal e geralmente apresentam características qualitativas mais desejadas (Lomiwes et al., 2010). Carcaças com pH acima de 5,8 são classificadas como pH intermediário (pH variando entre 5,8 a 6,2) ou pH alto (pH acima de 6,2) (Wiklund et al., 2009). Carcaças com pH alto apresentam características inferiores no que se refere a qualidade (Viljoen et al., 2002) e são mais propícias à degradação microbiana (Gill & Newton, 1981).

Tabela 6 – Valores de pH da carcaça de bovinos cruzados alimentados com silagem de milho ou cana-de-açúcar em diferentes proporções volumoso concentrado

Tempo	Dietas						Valor - P
	Silagem de milho			Cana-de-açúcar			
	60:40	60:40 40:60	40:60	60:40	60:40 40:60	40:60	
pH - 45 minutos	7,21	7,16	7,25	7,14	7,32	7,35	0,3688
pH - 12 horas	6,50	6,23	6,15	6,57	6,45	6,41	0,0888
pH - 24 horas	6,59	6,55	6,35	6,44	6,46	6,46	0,9851

Neste trabalho, nenhuma das dietas avaliadas apresentou valor para o pH das carcaças, após 24 horas, próximo ao ideal. Isto sugere que outros fatores tais como o *stress* pré abate poderiam estar influenciando o pH da carcaça, sendo essa uma das

principais causas da não diminuição do pH da carcaça após 24 horas (Lomiwes et al., 2010).

Na Figura 1 apresenta-se o comportamento do pH da carcaça dos animais alimentados com dietas contendo silagem de milho ou cana-de-açúcar em diferentes proporções. Observa-se que houve uma diminuição do pH dos 45 minutos até 12 horas após o abate. Entretanto, a diminuição do pH das 12 para as 24 horas após o abate foi menos pronunciada ou não aconteceu.

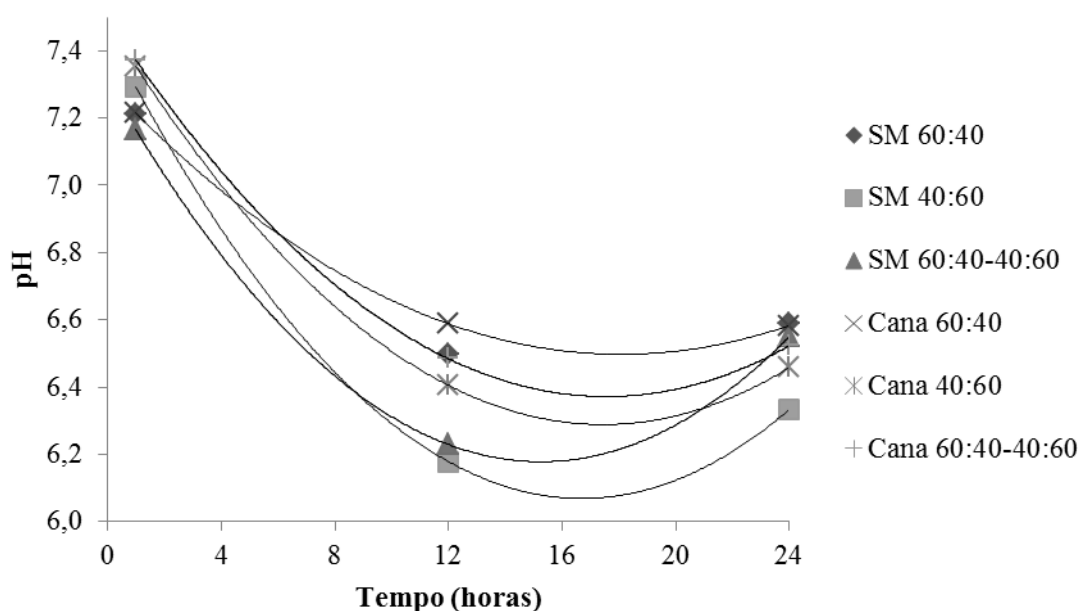


Figura 1 – pH da carcaça esquerda avaliado em três horários após o abate (45 minutos, 12 e 24 horas) dos animais alimentados com dietas contendo silagem de milho ou cana-de-açúcar em diferentes proporções

A equação obtida para predição do consumo de matéria seca (CMS) a partir dos dados deste experimento foi: $CMS = -1,7549 + 0,0743 \times PCM^{0,75} + 3,0194 \times GMD$ em que $PCM^{0,75}$ é o peso corporal médio metabólico e GMD é o ganho médio diário (Figura 2).

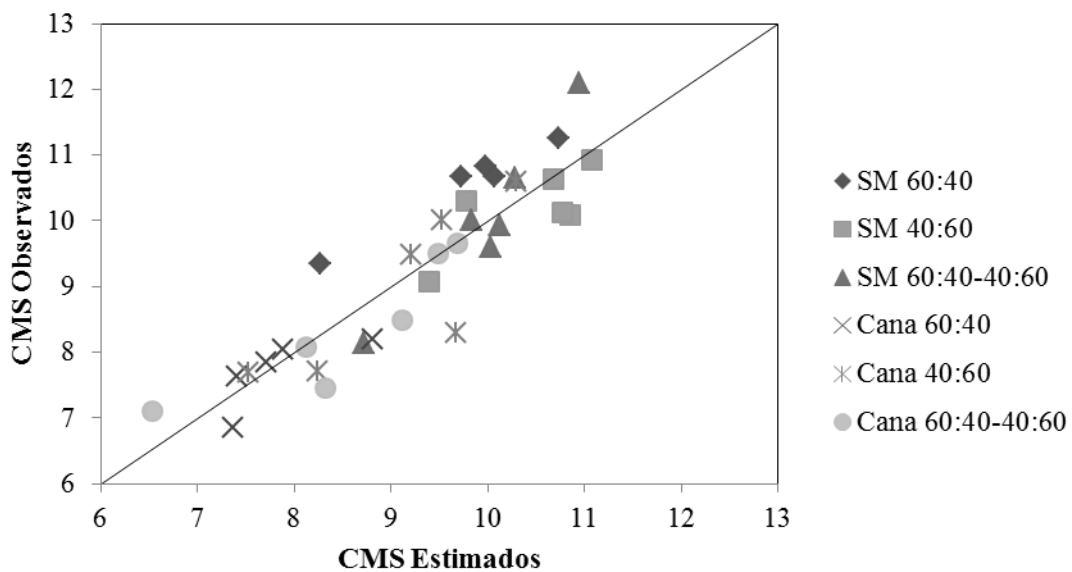


Figura 2 - Relação entre os consumos de matéria seca estimados e observados de bovinos não castrados cruzados (Holandes × Zebu) alimentados com dietas a base de silagem de milho ou cana-de-açúcar em diferentes proporções

A variação observada entre os valores de consumo alimentar residual foi de -1,37 a + 1,14 kg/dia (Figura 3) com diferença de 2,51 kg/dia entre os animais mais e menos eficientes. Valor similar foi observado por Szasz et al. (2004), no entanto, alguns autores observaram maiores valores (3,22 kg/dia – Golden & Kerley, 2004; 3,60 kg/dia – Lanna & Almeida, 2004).

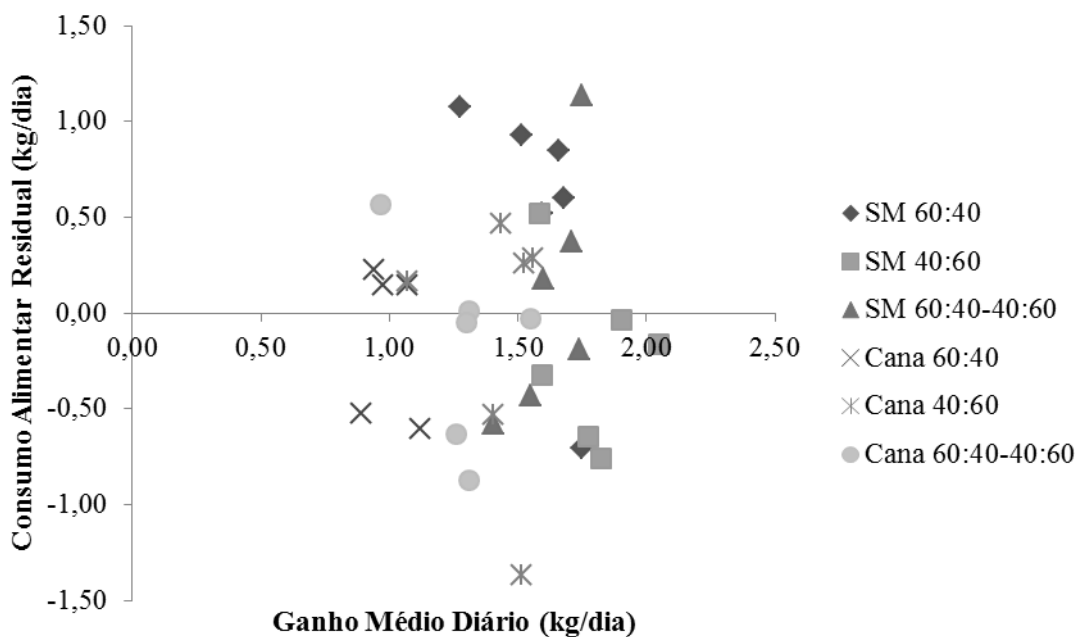


Figura 3 - Relação entre o consumo alimentar residual e o ganho médio diário de bovinos não castrados cruzados (Holandes \times Zebu) alimentados com dietas à base de silagem de milho ou cana-de-açúcar em diferentes proporções

O ganho residual (GR) pode ser assumido como a representação dos resíduos provindos do modelo de regressão múltipla a partir do GMD e do $PC^{0,75}$ e pode ser estimado pela equação: $GMD = 0,2423 - 0,0082 \times PC^{0,75} + 0,2094 \times CMS$.

Berry & Crowley (2012) propuseram o ganho e consumo residuais juntos (GCAR) como a mensuração da eficiência sendo mais efetiva que CAR e GR. Assim, esses autores compararam a eficiência dos métodos e consideraram os 10% melhores animais quanto a CAR, GR e GCAR. A partir dos dados deste trabalho, a estimativa de cada eficiência foi obtida (Tabela 7).

Tabela 7 – Consumo de MS, ganho médio diário (GMD) e peso corporal médio (PCM) dos 10% melhores (n=4) animais quanto ao consumo alimentar residual, ganho residual e ganho e consumo residuais juntos

Itens	CMS (kg/dia)	GMD (kg/dia)	PCM (kg)
Consumo alimentar residual	8,99	1,60	416,38
Ganho residual	11,27	1,76	438,81
Ganho e consumo residuais	9,65	1,71	437,25

O ganho e consumo residuais (GCAR) apresentaram valores intermediários, quando comparados com o CAR e o GR. Os animais que foram considerados como os 10% melhores para GR apresentaram maior consumo de MS enquanto que os animais para o CAR foram os com menor valor para o consumo de MS e os melhores GCAR apresentaram valor intermediário. Do mesmo modo, os melhores GR ganharam mais peso, os melhores animais para CAR apresentaram menor ganho de peso e os animais com maior GCAR apresentaram valor intermediário. Esses resultados foram similares aos observados por Costa e Silva (2011) e Berry & Crowley (2012) e sugerem que seria mais eficiente usar o GCAR, pois usando o CAR, seleciona animais de menor ganho e usando o GR, seleciona animais de maior consumo.

Conclusões

A silagem de milho pode ser substituída pela cana-de-açúcar *in natura* fornecida triturada na dieta de bovinos cruzados Holandês × Zebu desde que haja aumento de 20 pontos percentuais na proporção de concentrado. Nas dietas à base de silagem de milho e cana-de-açúcar é possível explorar o ganho adicional nos animais mesmo esses estando em confinamento. Ao utilizar, a cana-de-açúcar, os animais alimentados com a dieta reversa apresentam maior ganho médio diário em relação à dieta com maior proporção de volumoso.

Referências

- AMARAL NETO, J.; OLIVEIRA, M.D.S.; LANÇANOVA, J.A.C.; BETTI, V.; VIEIRA, P.F.C. Composição química bromatológica da silagem de cana-de-açúcar sob diferentes tratamentos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 37, 2000, Viçosa. **Anais...** Viçosa: Sociedade Brasileira de Zootecnia/ Gnosis, [1998]. CD-ROM.
- BERRY, D.P. & CROWLEY, J.J. Residual intake and gain: a new measure of efficiency in growing cattle. **Journal of Animal Science**, v.90, p.109-115, 2012.
- COELHO DA SILVA, J.F. & LEÃO, M.I. **Fundamentos de nutrição de ruminantes**. 1.ed. Piracicaba: Livroceres, 1979. 380p.
- DETMANN, E. & VALADARES FILHO, S.C. On the estimation of non-fibrous carbohydrates in feeds and diets. **Arquivos Brasileiros 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.
- FERNANDES, A.R.M.; SAMPAIO, A.A.M.; HENRIQUE, W.; PERECINI, D.; OLIVEIRA, E.A.; TÚLLIO, R.R. Avaliação econômica e desempenho de machos e fêmeas Canchim em confinamento alimentados com dietas à base de silagem de milho e concentrado ou cana-de-açúcar e concentrado contendo grãos de girassol. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, p.855-864, 2007.
- FERRAZ, J.B.S. & FELÍCIO, P.E. Production systems – An example from Brazil. **Meat Science**, v.84, p.238-243, 2010.
- FIRKINS, J.L. Maximizing microbial protein synthesis in the rumen. **Journal of Nutrition**, v.126, p.1347-1354, 1996.

- GILL, C.O.; NEWTON, K.G. Microbiology of DFD meat. In D.E. Hood e P.V. Tarrant (Eds.). **The problem of dark-cutting in beef** (pp. 305-327). 1981. The Hague: Martinus Nijhoff.
- GOLDEN, J.W.; RERLEY, M.S. Relationship of feeding behavior to feed efficiency in crossbred Angus steers. In: ANNUAL MEETING OF THE AMERICAN SOCIETY OF ANIMAL SCIENCE, 2004, Saint Louis. **Proceedings...** Saint Louis: American Society of Animal Science, 2004. p.410.
- JONES, F.M.; PHILLIPS, F.A.; NAYLOR, T.; MERCER, N.B. Methane emissions from grazing Angus beef cows selected for divergent residual feed intake. **Animal Feed Science and Technology**, v.166, p.302-307, 2011.
- LANNA, D.P.; ALMEIDA, R. Residual feed intake: um novo critério de seleção: In: SIMPÓSIO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE MELHORAMENTO ANIMAL, 5., 2004, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande: Sociedade Brasileira de Melhoramento Animal, 2004. p.1-2.
- LOERCH, S.C. Effects of feeding growing cattle high-concentrate diets at a restricted intake on feedlot performance. **Journal of Animal Science**, v.68, p. 3086–3095, 1990.
- LOMIWES, D.; REIS, M.M.; WIKLUND, E.; YOUNG, O.A.; NORTH, M. Near infrared spectroscopy as an on-line method to quantitatively determine glycogen and predict ultimate pH in pre rigor bovine *M. longissimus dorsi*. **Meat Science**, v.86, p.999-1004, 2010.
- 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.

- MAGALHÃES, F.A. **Cana-de-açúcar ensilada com diferentes graus brix com ou sem óxido de cálcio e silagem de milho em dietas para bovinos de corte.** Viçosa: Universidade Federal de Viçosa”, 2010. 145p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 2010.
- MENEZES, G.C.C.; VALADARES FILHO, S.C.; MAGALHÃES, F.A.; VALADARES, R.F.D.; MARIZ, L.D.; DETMANN, E.; PEREIRA, O.G.; LEÃO, M.I. Total and partial digestibility, rates of digestion obtained with rumen evacuation and microbial protein synthesis in bovines fed fresh or ensiled sugar cane and corn silage. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, p.1104-1113, 2011.
- MERTENS, D.R.; ALLEN, M.; CARMANY, J.; CLEGG, J.; DAVIDOWICZ, A.; DROUCHES, M.; FRANK, K.; GAMBIN, D.; GARKIE, M.; GILDEMEISTER, B.; JEFFRESS, D.; JEON, C.S.; JONES, D.; KAPLAN, D.; KIM, G.N.; KOBATA, S.; MAIN, D.; MOUA, X.; PAUL, B.; ROBERTSON, J.; TAYSON, D.; THIEX, N.; WILLIAMS, J.; WOLF, M. Gravimetric detergmination of amylase-treated neutral detergent fiber in feeds with refluxing in beakers or crucibles: Collaborative study. *Journal of AOAC International*, v.85, p.1217-1240, 2002.
- NATIONAL FORAGE TESTING ASSOCIATION. **Laboratory dry matter by microwave drying to constant weight.** In: Forage analyses procedures. 1993.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. **Nutrient requirements of beef cattle.** 7.ed. Washington, D.C.: 2001. 242p.
- OLIVEIRA, B.S.Y.; ALVES, J.B.; BERGAMASCHINE, A.F.S. Desempenho de bovinos terminados em confinamento, com diferentes volumoso. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., Piracicaba, 2001. **Anais...** Piracicaba: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2001. (CD-ROM).
- OLIVEIRA, E.A.; SAMPAIO, A.A.M.; FERNANDES, A.R.M.; OLIVEIRA, R.V.; RIBEIRO, G.M. Desempenho e características de carcaça de tourinhos Nelore e

- Canchim terminados em confinamento recebendo dietas com cana-de-açúcar e dois níveis de concentrado. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, p.2465-2472, 2009.
- OLIVEIRA, A.S.; DETMANN, E.; CAMPOS, J.M.S.; PINA, D.S.; SOUZA, S.M.; COSTA, M.G. Meta-análise do impacto da fibra em detergente neutro sobre o consumo, a digestibilidade e o desempenho de vacas leiteiras em lactação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, p.1587-1595, 2011.
- ORSKOV, W.R. & HOVELL, F.D.D. Digestión ruminal del heno (medido através de bolsas de dacron) en el ganado alimentado con caña de azúcar e heno de pangola. **Tropical Animal Production**, v.3, p.9-11, 1978.
- PATE, F.M. Fresh Chopped sugar cane in growing – finishing steer diets. **Journal of Animal Science**, v.53, p.881-888, 1981.
- 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.
- PRESTON, T.R. Nutritional limitations associated with the feeding of tropical forages. **Journal of Animal Science**, v.54, p.877-884, 1982.
- RAVELO, G.; GONZALEZ, F.; DEBHOVELL, F.D. El efecto de alimentar por fístula ruminal caña de azúcar e afrecho de trigo sobre el consumo de caña de azúcar. **Tropical Animal Production**, v.3, p.237-242, 1978.
- RIBEIRO, S.S.; VASCONCELOS, J.T.; MORAIS, M.G.; ÍTAVO, C.B.C.F.; FRANCO, G.L. Effects of ruminal infusion of slow-release polymer-coated urea or conventional urea on apparent nutrient digestibility, in situ degradability, and

- rumen parameters in cattle fed low-quality hay. **Animal Feed Science and Technology**, v.164, p.53-61, 2011.
- ROSSI, J.E. & LOERCH, S.C. Proportion of corn silage in diets of feedlot steers fed to achieve stepwise increases in growth. **Journal of Animal Science**, v.79, p.1402-1408, 2001.
- SATTER, L.D. & ROFFLER, R.E. Nitrogen requirement and utilization in dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, v.58, p.1219-1237, 1975.
- SILVA D.J. & QUEIROZ, A.C. **Análise de Alimentos (métodos químicos e biológicos)**. 3.ed. Viçosa: Imprensa Universitária – Universidade Federal de Viçosa, 2002. 165p.
- SMITH, L.W.; GOERING, H.K. GORDON, C.H. Relationships of forage compositions with rates of cell wall digestion and indigestibility of cells was. **Journal of Dairy Science**, v.55, p.1140-1147, 1972.
- SMITH, S.N.; DAVIS, M.E.; LOERCH, S.C. Residual feed intake of Angus beef cattle divergently selected for feed conversion ratio. **Livestock Science**, v.132, p.41-47, 2010.
- STACCHINI, P.F. **Efeito dos teores de ureia e do farelo de soja a digestibilidade e balanço de N em vacas leiteiras alimentadas com cana-de-açúcar**. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 1998. 67p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 1998.
- SZASZ, J.I.; HUNT, C.W.; BAKER, S.D. Correlations among ultrasound carcass estimates, growth performance measures, and residual feed intake in Angus steers. In: ANNUAL MEETING OF THE AMERICAN SOCIETY OF ANIMAL

- SCIENCE, 2004, Saint Louis: **Proceedings...** Saint Louis: American Society of Animal Science, 2004. P.409-410.
- UNDERSANDER, D.; MERTENS, D.R.; THIEX, N. **Forage Analyses Procedures.** Omaha: National Forage Testing Association. 135p., 1993.
- 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 : UFV, Suprema Gráfica Ltda. 2010, 193p.
- VAN SOEST, P.J. Symposium on factors influencing the voluntary intake of herbage by ruminants: voluntary intake in relation to chemical composition and digestibility. **Journal of Animal Science**, v.24, p.834-843, 1965.
- VAZ, F.N. & RESTLE, J. Características de carcaça e da carne de novilhos Hereford terminados em confinamento com diferentes fontes de volumosos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, p.230-238, 2005.
- VELHO, J.P.; MUHLBACH, P.R.F.; NÖRNBERG, J.L.; VELHO, I.M.P.H.; GENRO, T.C.M.; KESSLER, J.D. Composição bromatológica de silagens de milho produzidas com diferentes densidades de compactação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.5, p.1532-1538, (supl.) 2007.
- VIEIRA E SILVA, F.; ROCHA JÚNIOR, V.R.; BARROS, R.C.; PIRES, D.A.A.; MENEZES, G.C.C.; CALDEIRA, L.A. Ganho de peso e características de carcaça de bovinos Nelore castrados ou não-castrados terminados em confinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, p.2199-2205, 2008.
- VILJOEN, H.F.; KOCK, H.L.; WEBB, E.C. Consumer acceptability of dark, firm and dry (DFD) and normal pH beef steaks. **Meat Science**, v.61, p.181-185, 2002.
- WANAPAT, M. Potential uses of local feed resources for ruminants. **Tropical Animal Health Production**, v.41, p.1035-1049, 2009.

- WATANABE, A.; DALY, C.C.; DEVINE, C.E. The effects of the ultimate pH of meat on tenderness changes during ageing. **Meat Science**, v.42, n.1, p.67-78, 1996.
- WIKLUND, E.; FAROUK, M.; STUART, A.; DOBBIE, P.; LOMIWES, D.; FROST, D. Survey of current pH status in New Zealand bull beef. **Proceedings 55th international congress of meat science and technology**, Copenhagen (pp.221-223), 2009.
- XIN, H.S.; SCHAEFER, D.M.; LIU, Q.P.; AXE, D.E.; MENG, Q.X. Effects of polyurethane coated urea supplement on *in vitro* ruminal fermentation, ammonia release dynamics and lactating performance of Holstein Dairy cows fed a steam-flacked corn-based diet. **Asian-Australasian Journal of Animal Science**, v.23, p.491-500, 2010.

Capítulo 2

Exigências nutricionais de energia e proteína para bovinos (Holandês × Zebu) em confinamento

Resumo - Objetivou-se estimar as exigências nutricionais de energia e proteína, as eficiências de utilização da energia metabolizável para a deposição de proteína (k_p) e gordura (k_f) assim como as eficiências de utilização da energia metabolizável para manutenção (k_m) e para ganho (k_g). Foi realizado um experimento de abate comparativo com 44 bovinos cruzados Holandês × Zebu não castrados, com peso inicial de $338 \pm 39,01$ kg e idade média de 24 meses, sendo quatro bovinos utilizados para o grupo referência, quatro para o grupo manutenção e os 36 restantes aleatoriamente designados a seis dietas, fornecidas *ad libitum*. Foram utilizadas a silagem de milho (SM) e a cana-de-açúcar *in natura* (CA) nas proporções de 60 ou 40% na base da matéria seca (MS) total das dietas. As seis dietas experimentais foram constituídas da seguinte forma: 1) 60 SM: 40% de concentrado (C) durante 84 dias; 2) 60SM: 40C (42 dias) e 40SM:60C (42 dias); 3) 40SM:60C (84 dias); 4) 60CA:40C (84 dias); 5) 60CA:40C (42 dias) e 40CA:60C (42 dias) e 6) 40CA:60C (84 dias). Ao final do experimento, todos os animais foram abatidos para determinação do peso de corpo vazio (PCVZ). Uma amostra compreendida entre a 9ª e a 11ª costelas da meia carcaça esquerda foi retirada e completamente dissecada para a estimação da composição química do PCVZ utilizando as equações descritas no BR-CORTE em 2010. As exigências de energia líquida (EL_m) e metabolizável (EM_m), para manutenção, foram de 78,7 e 114,2 kcal/PCVZ^{0,75}/dia, respectivamente. A k_m foi de 0,6891. As equações obtidas para as exigências líquidas para ganho de energia (EL_g) e proteína (PL_g) foram: EL_g (Mcal/dia) = $0,0493 \times PCVZ^{0,75} \times GPCVZ^{1,0013}$ e PL_g (g/dia) = $279,19 \times GPCVZ - 22,8691 \times ER$, respectivamente. A k_g foi de 0,4634. As eficiências de utilização da energia metabolizável para a deposição de proteína e gordura foram de 0,2048 e 0,8848, respectivamente. O modelo obtido para a percentagem de energia retida na forma de proteína (%ER_p) foi: %ER_p = $1,7202 \times (ER/GPCVZ)^{-1,351}$. Conclui-se que as exigências estimadas de EL_m e EM_m para bovinos cruzados (Holandês × Zebu) não castrados são de 78,7 e 114,2 kcal/PCVZ^{0,75}/dia, respectivamente, e que as exigências líquidas para ganho de energia e proteína podem ser obtidas pelas equações: EL_g (Mcal/dia) = $0,0493$

$\times \text{PCVZ}^{0,75} \times \text{GPCVZ}^{1,0013}$ e $\text{PR (g/dia)} = 279,19 \times \text{GPCVZ} - 22,8691 \times \text{ER}$,
respectivamente.

Palavras-chave: deposição, eficiência, energia líquida, energia metabolizável

Nutrient requirements of energy and protein for Holstein × Zebu bulls finished in feedlot

Abstract - The aim of this study was to estimate the nutritional requirements of energy and protein, the efficiency of metabolizable energy utilization in fat and protein, the efficiency of metabolizable energy utilization to maintenance (k_m) and growth (k_g). It was realized an experiment of comparative slaughter with 44 (24 months old) crossbred (Holstein × Zebu) bulls with 338 ± 39.01 kg. The bulls were randomly separated in: four bulls to reference group, four bulls to maintenance level group and 36 bulls were fed *ad libitum*. It was used corn silage (CS) and sugar cane *in natura* (SC) in 60 ou 40% of dry matter (DM) of total diets. The bulls of the last group were randomly separated again in six groups of six different diets: 1) 60 CS: 40% of concentrate (C) during 84 days; 2) 60CS: 40C(42 days) and 40CS:60C (42 days); 3) 40CS:60C (84 days); 4) 60SC:40C (84 days); 5) 60SC:40C (42 days) and 40SC:60C (42 days) and 6) 40SC:60C (84 days). The experiment was conducted in completely randomized design and it took 84 days. At the final of the experiment the bulls were slaughtered at Universidade Federal de Viçosa to estimate the empty body weight. One sample located between 9 and 11rd ribs of each bull was taken and completely dissected to estimate the empty body composition using equations developed by BR-CORTE 2010. The net (NE_m) and metabolizable (ME_m) energy requirements to maintenance were 78.7 e 114.2 kcal/EBW^{0.75}/day, respectively. The k_m was 0.6891. The equations obtained to NE_g and NP_g were: NE_g (Mcal/day) = $0.0493 \times EBW^{0.75} \times EBG^{1.0013}$ and NP_g (g/day) = $279.19 \times EBG - 22.8691 \times RE$, respectively. The k_g was 0.4634. The efficiencies to deposition of energy as protein and as fat were 0.2048 and 0.8848, respectively. The model obtained to percentage of retained energy as protein (% RE_p) was $\%RE_p = 1.7202 \times (RE/EBG)^{1.351}$. This study concluded that NE_m and ME_m to Holstein × Zebu bulls were 78.7 and 114.2 kcal/EBW^{0.75}/day, respectively, and the NE_g and NP_g can be obtained by the equations: NE_g (Mcal/day) = $0.0493 \times EBW^{0.75} \times EBG^{1.0013}$ and NP_g (g/day) = $279.19 \times EBG - 22.8691 \times RE$, respectively.

Keywords: deposition, efficiency, liquid energy, metabolizable energy

Introdução

Desde o século XIII, pesquisadores têm sido instigados sobre a busca de informações para a utilização da energia pelos animais. Assim, com o passar dos anos, vem ocorrendo o desenvolvimento de modelos para estudos e predição das exigências de energia e proteína pelos animais (Ferrel & Oltjen, 2008).

Devido ao maior custo operacional de produção na bovinocultura de corte ser devido à nutrição, o conhecimento preciso dos requerimentos nutricionais dos animais juntamente com o conhecimento do valor nutritivo dos alimentos são ferramentas essenciais para a formulação de dietas adequadas e o consequente aumento da eficiência produtiva, econômica e ambiental da atividade (Gionbelli, 2010).

A maior parte do balanceamento das dietas para bovinos de corte no Brasil era realizada, até recentemente, com base em informações relatadas por conselhos internacionais (AFRC, 1993; NRC, 2000). Esses conselhos utilizam no bancos de dados, animais com características diferentes dos criados no Brasil. Dessa forma, Valadares Filho et al. (2010) publicaram a 2ª edição das Tabelas Brasileiras de Exigências Nutricionais de Zebuínos (BR-CORTE), cujo banco de dados se baseia em animais com características e condições similares aos criados em boa parte do território brasileiro.

No entanto, as estimativas das exigências nutricionais de energia e proteína para animais cruzados Holandês × Zebu são escassas no banco de dados do BR-CORTE. Ao considerar que, em algumas regiões do Brasil, a utilização do sistema em que se utilizam animais Holandês × Zebu para a produção de carne é significativa, as exigências nutricionais desses animais tornam-se necessárias para otimizar a produção.

Com isso, objetivou-se neste experimento estimar as exigências nutricionais de energia e proteína em bovinos cruzados Holandês × Zebu, não castrados, terminados em confinamento.

Material e Métodos

Manejo animal, delineamento experimental e dietas

O experimento foi conduzido no confinamento animal do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

Foram utilizados 44 bovinos, não castrados, cruzados Holandês × Zebu com idade média de 24 meses e peso corporal médio de 338 ± 39 kg. O experimento foi realizado em delineamento inteiramente casualizado com duração total de 84 dias, divididos em quatro períodos de 21 dias cada.

Os bovinos foram confinados em baias individuais, com piso de concreto, providas de comedouro e bebedouro de concreto, com área total de 30 m^2 , sendo 8 m^2 cobertos.

Os bovinos foram submetidos a um período de adaptação ao local do experimento de 30 dias e receberam uma dieta à base de capim elefante triturado, como volumoso, à vontade e 2 kg de concentrado com 200g/kg de proteína bruta diariamente. Durante esse período, os bovinos foram identificados e tratados contra ecto e endoparasitas. Após esse período de adaptação, os animais foram pesados em jejum de sólidos de 14 horas e aleatoriamente distribuídos em três grupos: referência (quatro bovinos), manutenção (quatro bovinos) e alimentados à vontade (36 bovinos).

Os bovinos alimentados à vontade foram novamente distribuídos aleatoriamente em seis grupos (seis bovinos em cada grupo) que receberam as dietas experimentais.

Após essa distribuição, os animais foram submetidos a uma adaptação à dieta experimental por 14 dias com gradual aumento da quantidade de concentrado na dieta.

Os quatro bovinos designados ao grupo referência foram abatidos ao início do experimento. Os bovinos designados ao grupo manutenção foram alimentados a 1,2% do peso corporal. Antes do início do experimento, os animais foram novamente pesados em jejum de sólidos de 14 horas e distribuídos nas seguintes dietas experimentais, com base na matéria seca, de acordo com o grupo em que foram designados:

- 1) 60% de silagem de milho + 40% de concentrado (durante 84 dias);
- 2) 60% de silagem de milho + 40% de concentrado (primeiros 42 dias) e 40% de silagem de milho + 60% de concentrado (últimos 42 dias);
- 3) 40% de silagem de milho + 60% de concentrado (durante 84 dias);
- 4) 60% de cana-de-açúcar *in natura* + 40% de concentrado (durante 84 dias);
- 5) 60% de cana-de-açúcar *in natura* + 40% de concentrado (primeiros 42 dias) e 40% de cana-de-açúcar *in natura* + 60% de concentrado (últimos 42 dias);
- 6) 40% de cana-de-açúcar *in natura* + 60% de concentrado (durante 84 dias).

Cada um dos bovinos alimentados em nível de manutenção foi aleatoriamente submetido a uma das dietas abaixo:

- 1) 60% de silagem de milho + 40% de concentrado (durante 84 dias);
- 2) 40% de silagem de milho + 60% de concentrado (durante 84 dias);
- 3) 60% de cana-de-açúcar *in natura* + 40% de concentrado (durante 84 dias);
- 4) 40% de cana-de-açúcar *in natura* + 60% de concentrado (durante 84 dias).

Ao final dos períodos dois e quatro, os animais foram pesados em jejum de sólidos por 14 horas para avaliação do ganho de peso diário em jejum até a metade do experimento, quando houve a reversão de duas dietas, e o ganho de peso diário em jejum ao final do experimento.

A silagem de milho foi coletada no silo tipo trincheira uma hora antes do fornecimento aos animais e a cana-de-açúcar (planta inteira) foi triturada diariamente antes do arraçamento. A silagem de milho e a cana-de-açúcar tiveram o teor de MS avaliada diariamente para ajuste da quantidade fornecida aos animais de concentrado e ureia + sulfato de amônio. Foi utilizada uma mistura de ureia + sulfato de amônio (9:1) para elevar os teores de PB dos volumosos para 120 g/kg. A avaliação diária do teor de matéria seca foi realizada em duplicada utilizando um forno microondas convencional, de acordo com as recomendações do National Forage Testing Association (1993).

O grau *brix* da cana-de-açúcar foi medido ao 10º dia de cada período experimental. Três amostras de cana-de-açúcar foram aleatoriamente coletadas e o grau *brix* foi estimado utilizando-se um refratômetro manual. A média observada para o grau *brix* da cana-de-açúcar durante o experimento foi de 22±1.

Um único concentrado constituído de 90,40% de fubá de milho; 7,90% de farelo de soja; 0,85% de mistura mineral e 0,85% de sal comum foi fornecido, cuja composição dos ingredientes é mostrada na Tabela 1.

Tabela 1 - Composição química dos alimentos utilizados nas dietas experimentais

Alimentos	MS ¹	MO ²	PB ³	EE ⁴	FDNcp ⁵	CNF ⁶	FDNi ⁷
	g/kg						
Silagem de milho	300,8	947,1	65,7	32,44	515,70	333,30	140,20
Cana-de-açúcar	281,6	973,8	28,3	15,76	458,70	471,04	222,06
Milho	901,9	989,4	94,8	35,70	144,40	714,50	1,71
Farelo de soja	875,0	951,8	528,0	14,80	124,20	284,80	0,64
Mistura mineral	975,4	160,0	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00
Sal comum	933,1	114,9	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00
Ureia + sulfato de amônio	950,6	984,9	2630,8	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

As dietas experimentais foram isoprotéicas (120 g/kg de proteína bruta) e formuladas para ganho de 1,20 kg/dia de acordo com Valadares Filho et al. (2010) (Tabela 2).

Tabela 2 - Proporções dos alimentos no concentrado e nas dietas (g/kg), composição do concentrado e das dietas na base da matéria seca

Itens	Concentrado	Silagem de milho		Cana-de-açúcar	
		60:40	40:60	60:40	40:60
g/kg					
Volumoso	-	600*	400*	600 [#]	400 [#]
Milho	904,00	361,60	542,40	361,60	542,40
Farelo de soja	79,00	31,60	47,40	31,60	47,40
Mistura mineral	8,50	3,40	5,10	3,40	5,10
Sal comum	8,50	3,40	5,10	3,40	5,10
Composição química (g/kg)					
MO ¹	973,40	957,60	962,90	973,60	962,90
PB ²	126,20	124,60	129,40	117,60	129,10
EE ³	33,50	33,00	20,60	13,20	19,80
FDNcp ⁴	140,30	366,60	295,50	324,10	262,50
CNF ⁵	673,40	453,55	530,83	552,80	574,24
FDNi ⁶	3,31	97,60	75,40	144,76	106,80

*20,6 g de ureia + sulfato de amônio por kg de MS do volumoso consumido, [#]34,87 g de ureia + sulfato de amônio por kg de MS do volumoso consumido, ¹Matéria orgânica, ²Proteína bruta, ³Extrato etéreo, ⁴Fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína bruta, ⁵Carboidratos não fibrosos, ⁶Fibra em detergente neutro indigestível

O volumoso (silagem de milho ou cana-de-açúcar) foi fornecido em sua totalidade as 08h00 juntamente com a mistura ureia + sulfato de amônio e metade da quantidade diária do concentrado. Primeiramente foi realizada a incorporação da ureia + sulfato de amônio ao volumoso e posteriormente o concentrado foi adicionado. Às 15h00, a outra metade do concentrado foi fornecida aos animais. As quantidades de volumoso, concentrado e ureia + sulfato de amônio fornecidas, bem como as sobras, foram registradas diariamente. A dieta fornecida aos animais foi ajustada para manter as sobras em torno de 5 a 10% na base da matéria natural, com água permanentemente à disposição dos mesmos.

Amostragens dos alimentos e das sobras

Os volumosos e as sobras de cada animal foram amostradas diariamente e posteriormente acondicionadas em freezer (-20°C). Semanalmente, uma amostra composta de silagem de milho, cana-de-açúcar e amostras compostas de sobras de cada animal foram submetidas à secagem em estufa com circulação forçada (55°C) e moídas em moinho de facas (1 mm e 2 mm para os períodos em que foram realizados os ensaios de digestibilidade).

Posteriormente, foi avaliada a MS total dessas amostras por intermédio da secagem em estufa a 105°C por 16 horas. Com base na quantidade de MS de sobras de cada animal, ou da quantidade de MS da silagem de milho e da cana-de-açúcar oferecida foram realizadas amostras compostas para cada três semanas, totalizando quatro amostras de sobras e dos volumosos.

Os ingredientes que compuseram o concentrado foram amostrados nos dias das misturas dos mesmos. Durante cada período experimental (21 dias), foram realizadas duas misturas dos ingredientes.

Ensaio de digestibilidade

Para avaliação dos coeficientes de digestibilidade total, foram realizadas coletas pontuais de fezes de todos os animais durante os últimos três dias dos períodos dois e quatro. As coletas foram efetuadas às 6h00, 12h00 e 18h00 dos dias um, dois e três, respectivamente. As amostras de fezes foram secas em estufa com ventilação forçada (55°C) por 72 horas e moídas em moinho de facas a 1 e a 2 mm. Uma amostra composta foi realizada por período de coleta para cada animal, utilizando-se 15 g da amostra seca e moída por horário de coleta.

Análises químicas – alimentos, sobras e fezes

As amostras de silagem de milho, cana-de-açúcar, ingredientes do concentrado, sobras e fezes foram quantificadas quanto aos teores de MS, matéria mineral (MM), nitrogênio total e extrato etéreo (EE), conforme Silva & Queiroz (2002). A PB foi obtida pelo produto entre o nitrogênio total e o fator 6,25. O teor de fibra em detergente neutro (FDN) foi obtido de acordo com Mertens (2002). Nas análises de farelo de soja foi acrescentado sulfito de sódio (Undersanter et al., 1993) a fim de reduzir a retenção do conteúdo protéico. O sistema Ankom[®] foi utilizado para as avaliações de FDN, adicionando-se α -amilase termoestável. Sacos filtrantes de tecido não tecido (100 g/m²) foram utilizados para as extrações. O teor de FDN foi corrigido para cinzas e proteína bruta em todas as amostras.

Os carboidratos não fibrosos (CNF) foram calculados como proposto por Detmann & Valadares Filho (2010), em que $CNF = 1000 - [g/kg PB - g/kg PB \text{ derivado da ureia} + g/kg ureia] + g/kg FDN_{cp} + g/kg EE + g/kg MM$. Os teores de nutrientes digestíveis totais (NDT) das dietas foram estimados por: $NDT = PBD + 2,25 \times EED + FDND + CNFD$ (NRC, 2000). A energia digestível (ED) foi obtida a partir dos nutrientes digestíveis multiplicados pelos seus respectivos valores energéticos, conforme descrito pelo NRC (2001), enquanto a concentração de energia metabolizável (EM) foi considerada 82% da ED (Coelho da Silva & Leão, 1979).

As amostras de sobras, alimentos e fezes para os períodos dois e quatro foram analisadas quanto ao teor da fibra em detergente neutro indigestível (FDNi). As amostras foram incubadas no rúmen por 288 horas em saquinhos F57 Ankom[®]. Após o período de incubação, a determinação da FDNi foi realizada pelo tratamento das amostras com detergente neutro.

Abates e amostragens

Ao final dos 84 dias de experimento, os animais foram abatidos nas instalações da Universidade Federal de Viçosa. Foram abatidos nove animais por dia, sendo os animais aleatoriamente selecionados para cada dia de abate.

Antes dos abates, os animais foram submetidos a um jejum de sólidos por 16 horas. O abate foi realizado via insensibilização e secção da jugular seguido de lavagem do aparelho gastrintestinal (rúmen, retículo, omaso, abomaso e intestinos delgado e grosso). Os pesos do coração, pulmões, fígado, baço, rins, gordura interna, carne industrial, mesentério, cauda e aparas (traquéia, esôfago e aparelho reprodutor), juntamente com os do trato gastrintestinal lavado, foram somados aos das demais partes do corpo (carcaça, cabeça, couro, pés e sangue) para quantificação do PCVZ.

Após o abate, a carcaça de cada animal foi separada em duas meias carcaças, as quais foram pesadas e, em seguida, resfriadas (4°C 18 horas). Decorrido este tempo, as meias carcaças foram retiradas da câmara fria, para o corte e obtenção de uma amostra da meia carcaça esquerda, correspondente à seção compreendida entre a 9^a e 11^a costelas, conforme recomendações de Hankins & Howe (1946).

A seção compreendida entre a 9^a e a 11^a costelas foi dividida em músculo, gordura e ossos e em seguida realizou-se a pesagem individual de cada parte. O músculo e a gordura foram homogeneizados e moídos. Após a moagem, uma amostra homogênea foi retirada constituindo uma amostra única de músculo + gordura. Uma amostra homogênea de ossos também foi retirada e colocada em bandejas de alumínio para serem liofilizadas para avaliação da matéria seca gordurosa (MSG).

Análises químicas – seção entre a 9ª e a 11ª costelas

As amostras de músculo + gordura e ossos foram liofilizadas e parcialmente desengorduradas por sucessivas lavagens com éter de petróleo em desengorduradores tipo Soxhlet, para avaliação da matéria seca parcialmente desengordurada (MSPD). Após isso, foram moídas em moinho tipo “bola”, para posteriores análises laboratoriais. A gordura removida no desengorduramento parcial foi calculada pela diferença entre a matéria seca gordurosa (MSG) e a MSPD, cujo resultado foi adicionado ao obtido para o extrato etéreo residual na MSPD, para quantificação do teor total de gordura.

As amostras de cada componente do animal foram avaliadas quanto aos teores de matéria seca (MS), matéria mineral (MM), nitrogênio total e extrato etéreo (EE), conforme Silva & Queiroz (2002). A proteína bruta (PB) foi obtida pelo produto entre o nitrogênio total e o fator de 6,25.

Cálculos para as exigências nutricionais e análises estatísticas

A composição química do corpo vazio foi estimada a partir das equações propostas por Marcondes et al. (2010) publicadas no BR-CORTE (2010), descritas na Tabela 3

Tabela 3 – Equações usadas para estimar a composição química do corpo vazio de animais zebuínos

Itens	Equações
	Composição química do corpo vazio (Marcondes et al., 2010)
Proteína bruta	$PBCZ (\%) = 10,78 + 0,47 \times PB_{Sec} - 0,21 \times GV$
Extrato etéreo	$EECZ (\%) = 2,75 + 0,33 \times EE_{Sec} + 1,80 \times GV$

PB_{Sec} : PB na seção 9-11ª costelas, EE_{Sec} : EE na seção 9-11ª costelas, GV: porcentagem de gordura visceral (renal, pélvica, cardíaca e mesentério no PCVZ), OV: porcentagem de órgãos e vísceras, A_{Sec} : água na seção 9-11ª costelas, PBCZ: PB no corpo vazio, EECZ: EE no corpo vazio

A avaliação da energia corporal foi obtida a partir dos teores corporais de proteína e gordura e seus respectivos equivalentes calóricos, conforme a equação estabelecida pelo ARC (1980):

$$CE = 5,6405 X + 9,3929 Y,$$

em que CE = conteúdo energético (Mcal); X = proteína corporal (kg); Y = gordura corporal (kg).

Para a conversão do peso corporal (PC) em peso de corpo vazio (PCVZ) foram calculadas as relações entre o PCVZ e o PC dos animais mantidos no experimento. Para a conversão do ganho de peso de corpo vazio (GPCVZ) em ganho de peso corporal (GPC) foram calculadas as relações entre os mesmos, que foram, então, utilizadas para conversão das exigências para ganho de PCVZ em exigências para ganho de PC.

Uma equação de regressão foi ajustada entre a energia retida (ER), o PCVZ metabólico ($\text{kg}^{0,75}$) e o GPCVZ (dia), para os animais em manutenção e em desempenho, utilizando o seguinte modelo:

$$ER = a \times \text{PCVZ}^{0,75} \times \text{GPCVZ}^b,$$

em que ER = energia retida (Mcal/ $\text{PCVZ}^{0,75}$ /dia), $\text{PCVZ}^{0,75}$ = peso de corpo vazio metabólico ($\text{kg}^{0,75}$), GPCVZ = ganho de peso de corpo vazio (kg/dia).

A proporção de energia retida na forma de proteína (%ER_p) foi estimada segundo o modelo sugerido por Marcondes et al. (2010):

$$\%ER_p = \beta_0 + (\text{ER}/\text{GPCVZ})^{\beta_1}$$

em que %ER_p = percentagem de energia retida na forma de proteína, ER = energia retida (Mcal/dia), GPCVZ = ganho de peso de corpo vazio (kg/dia) e β_0 e β_1 são parâmetros da regressão.

Para estimar as exigências de energia para manutenção, o método exponencial foi utilizado conforme recomendado Tedeschi et al. (2002). Com isso, a exigência de

energia líquida para manutenção (EL_m , Mcal/PCVZ^{0,75}/dia) foi calculada a partir do intercepto (β_0) da regressão exponencial entre a PC e o CEM, utilizando o seguinte modelo:

$$PC = \beta_0 \times e^{(\beta_1 \times CEM)},$$

em que PC = produção de calor (Mcal/PCVZ^{0,75}/dia), CEM = consumo de energia metabolizável (Mcal/PCVZ^{0,75}/dia), β_0 e β_1 serão parâmetros da regressão e 'e' é o número de Euler (3,718281).

Para estimar a exigência de energia metabolizável para manutenção (EM_m , Mcal/PCVZ^{0,75}/dia), o método iterativo foi utilizado, sendo a EM_m considerada o valor de CEM no momento em que o CEM se iguala a PC.

A partir da relação entre as exigências de energia líquida e metabolizável para manutenção, calculou-se a eficiência de utilização da energia metabolizável para manutenção (k_m).

Para o cálculo das eficiências parciais de uso da energia metabolizável para síntese de gordura e proteína, o seguinte modelo foi ajustado:

$$CEM = EM_m + \beta_1 \times \Delta_{prot} + \beta_2 \times \Delta_{gord},$$

em que CEM é o consumo diário total de energia metabolizável (Mcal/PCVZ^{0,75}), Δ_{prot} e Δ_{gord} são as variações de energia corporal em função da proteína e gordura (Mcal/PCVZ^{0,75}), respectivamente, e β_1 e β_2 são os coeficientes da regressão múltipla. Os inversos dos coeficientes β_1 e β_2 representam as eficiências de deposição da energia na forma de proteína e gordura (k_{prot} e k_{gord}), respectivamente.

Para o cálculo dos requerimentos de proteína metabolizável para manutenção (PMm) foi considerada a relação entre o consumo de proteína metabolizável e o ganho médio diário (GMD), em que a PMm foi o ponto em que o animal teria ganho médio diário nulo.

Para o cálculo dos requerimentos líquidos de proteína para ganho de peso, o modelo envolvendo o GPCVZ e a concentração de energia no ganho foi ajustado, sendo que foram utilizados os animais em desempenho e em manutenção:

$$PR = \beta_1 \times GPCVZ + \beta_2 \times ER,$$

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.

A estimativa da exigência de proteína metabolizável para ganho (PM_g) foi obtida 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):

$$k(\%) = 84,665 - 0,1179 \times PCVZ_{eq},$$

em que PCVZ_{eq} é o peso de corpo vazio equivalente, para pesos corporais em jejum inferior a 350 kg e valor constante de 46,9 % para pesos superiores.

Os dados foram analisados como modelos não lineares construídos por meio do procedimento NLIN do SAS (versão 9.2), sendo ajustados pelo método de Gauss-Newton. Para todos os testes foi utilizado 0,05 como nível crítico de probabilidade para o erro tipo I.

Resultados e Discussão

A relação média entre o PCVZ e o PC foi de 0,8834. A relação encontrada ficou próxima das observadas pelo BR-CORTE (Valadares Filho et al., 2010) e pelo NRC (2000), que foram de 0,895 e 0,891, respectivamente. De acordo com o NRC (2000), essa relação pode variar de 0,85 a 0,95.

Para a conversão das exigências para ganho de PCVZ (GPCVZ) em exigências de ganho médio diário de peso corporal (GMD), a relação média entre o GPCVZ e o GMD

foi de 1,0511. O NRC (2000) e Valadares Filho et al. (2010) apresentaram relações GPCVZ/GPC de 0,951 e 0,936, respectivamente. Estes valores são 10,53 e 12,29% menores do que os encontrados neste estudo, respectivamente. O maior valor observado neste estudo pode ser devido a utilização de animais que atingiram um alto peso ao final do experimento.

Exigências de energia e proteína

Relacionando a produção diária de calor (PC) com o consumo de energia metabolizável (CEM), expressas em Mcal/PCVZ^{0,75}, foi obtida a equação: $PC = 0,0787 \times e^{(3,2611 \times CEM)}$. Assim, o valor de energia líquida para manutenção (EL_m) obtido para bovinos cruzados Holandês × Zebu não castrados, foi de 78,7 kcal/PCVZ^{0,75}/dia. Valadares Filho et al. (2010) sugeriram um valor de 74,2 kcal/PCVZ^{0,75}/dia. Chizzotti et al. (2008), em um estudo envolvendo a análise de dados de 389 animais Nelore ou animais cruzados (*Bos taurus* × *Bos indicus*), estimaram que a exigência de manutenção seria de 75 kcal/PCVZ^{0,75}/dia. Dessa forma, o valor observado neste estudo está próximo dos valores observados pelos autores anteriormente citados.

A exigência de energia metabolizável para manutenção (EM_m) foi de 114,2 kcal/PCVZ^{0,75}/dia, valor obtido quando a PC se iguala ao CEM.

A equação obtida para o conteúdo corporal de energia (CE) em função do PCVZ foi $CE = 0,3498 \pm 0,1678 \times PCVZ^{1,3582 \pm 0,0792}$. Conforme ocorre aumento no PCVZ há um incremento da concentração de energia no animal devido ao aumento de gordura corporal. As exigências de energia líquida (ER) por kg de ganho de PCVZ podem ser calculadas a partir da derivada da equação acima: $ER: 0,4751 \times PCVZ^{0,3582}$, em que ER é a exigência de energia líquida para ganho (Mcal/kg GPCVZ) e o PCVZ é o peso de

corpo vazio. Os dados obtidos nessa equação somente podem ser considerados para os animais desse experimento.

Para estimar as exigências de energia para qualquer faixa de peso e de ganho de peso foi obtida a equação: $EL_g = 0,0493 \times PCVZ^{0,75} \times GPCVZ^{1,0013}$, 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 próximo ao daquele sugerido por Valadares Filho et al. (2010) para machos não castrados cujo valor foi de 0,053. Isso demonstra que os dados gerados por este experimento estão de acordo com os dados descritos na literatura nacional para animais cruzados não castrados.

Os principais sistemas de exigências nutricionais (AFRC, 1993; NRC, 2000; CSIRO, 2007) separam a eficiência de utilização da energia metabolizável em eficiência de utilização da energia para manutenção (k_m) e eficiência de utilização da energia para ganho (k_g).

Ao dividir a EL_m pela EM_m obtêm-se o valor de k_m de 0,6891. Os valores de k_m reportados por Valadares Filho et al. (2006) e Chizzotti et al. (2008) foram de 0,63 e 0,67, respectivamente. Assim, o valor estimado neste estudo está próximo aos valores observados na literatura (Valadares Filho et al., 2006; Chizzotti et al., 2008).

Alguns fatores podem alterar o k_m , como por exemplo, o nível de fibra dietética, o nível de consumo de energia metabolizável, a proporção de ácidos graxos absorvidos, o *turnover* protéico (Garrett, 1980). O CSIRO (2007) relatou que outros fatores como o sexo, a raça, a idade e o ambiente poderiam afetar a k_m .

Marcondes et al. (2010) estudaram o efeito de diversos fatores sobre a k_m e concluíram que a eficiência parcial de uso da energia metabolizável para ganho (k_g) e o ganho de peso de corpo vazio (GPCVZ) poderiam ser os responsáveis por alterações na k_m . Isso sugere que as exigências de manutenção são afetadas pelo desempenho dos

animais. O modelo sugerido para bovinos cruzados por Marcondes et al. (2010) é: $k_m = 0,513 + 0,173 \times k_g + 0,073 \times \text{GPCVZ}$, em que k_m é a eficiência de utilização da energia metabolizável para manutenção, k_g é a eficiência de utilização da energia metabolizável para ganho e GPCVZ é o ganho de peso de corpo vazio, em kg/dia.

Utilizando a equação proposta por Marcondes et al. (2010), o valor médio de k_m obtido para este experimento seria de 0,66. Este valor é próximo ao obtido pela divisão da EL_m pela EM_m (0,68). Porém, a utilização da k_m variável torna-se importante, pois quando são utilizados alimentos de baixa digestibilidade, a EM pode apresentar problemas para estimar a k_m (Johnson et al., 1977).

Para converter as exigências de energia líquida em exigências de energia metabolizável para ganho, torna-se necessário o conhecimento da eficiência de utilização da energia metabolizável para ganho de peso (k_g). Valadares Filho et al. (2010) afirmaram que essa eficiência pode ser estimada como sendo o coeficiente de inclinação da regressão da ER em função do CEM (Figura 1).

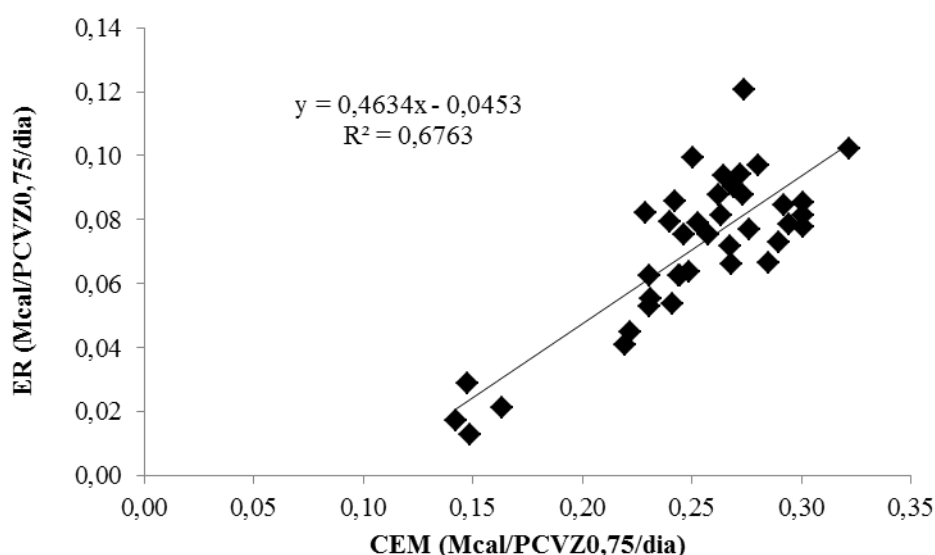


Figura 1 - Energia retida (ER) em função do consumo de energia metabolizável (CEM)

Gionbelli (2010) utilizou o mesmo procedimento e obteve valor de k_g de 0,38. Este valor está abaixo do encontrado neste experimento, que foi de 0,4634. Costa e Silva (2011), utilizando o mesmo procedimento, obteve valor inferior (0,3325) ao observado por Gionbelli (2010) e neste experimento.

Na maioria dos trabalhos realizados no Brasil, têm-se estimado valores estáticos para a k_g . Porém, a eficiência com que a energia é retida no corpo (k_g) depende das proporções de energia retida na forma de proteína e de gordura. Como a eficiência de deposição de gordura é superior à de proteína e as proporções de proteína e gordura são variáveis, existe a necessidade de obter uma k_g também variável.

Para cálculo das eficiências parciais de uso da energia metabolizável para síntese de gordura e proteína, foi obtida a equação $CEM = 114,2 + 4,88 \times \Delta_{prot} + 1,13 \times \Delta_{gord}$, em que CEM é o consumo diário de energia metabolizável para manutenção (Mcal/PCVZ^{0,75}), Δ_{prot} e Δ_{gord} são as variações de energia corporal em função da proteína e gordura (Mcal/PCVZ^{0,75}).

A partir deste modelo, foram calculadas as eficiências de deposição de energia na forma de proteína (k_p) e de gordura (k_f). Assim, k_p foi igual a 0,2048 e k_f igual a 0,8848. Chizzotti et al. (2008), avaliando 16 experimentos com 369 animais, obtiveram k_p de 0,34 e k_f de 0,79. Gionbelli (2010) obteve k_p de 0,25 e k_f de 0,83. Os valores observados para k_p e k_f por Costa e Silva (2011) foram 0,18 e 0,71, respectivamente.

A proporção de energia retida na forma de proteína ($\%ER_p$) foi estimada de acordo com o modelo potencial proposto por Marcondes et al. (2010). O modelo obtido foi $\%ER_p = 3,0089 \times (ER/GPCVZ)^{-1,5061}$, em que $\%ER_p$ é a energia retida na forma de proteína, ER é a energia retida, em Mcal/dia, e GPCVZ é o ganho de peso de corpo vazio, em kg/dia.

A %ER_p pode ser utilizada na conversão da energia líquida para energia metabolizável por estar diretamente correlacionada com a eficiência de utilização da energia metabolizável para ganho (Willians & Jenkins, 2003; Tedeschi, 2004). Marcondes et al. (2010) utilizaram um banco de dados de 752 animais criados nas condições brasileiras e não observaram diferenças entre classes sexuais e nem entre Nelore e animais cruzados para a %ER_p que foi igual a $\%ER_p = 1,140 \times (ER/GPCVZ)^{1,137}$.

Marcondes et al. (2010) sugeriram o cálculo de k_g em função da ER_p utilizando a equação: $k_g = 0,327 / [0,539 + (\%ER_p/100)]$. Portanto, a utilização deste modelo que leva em consideração uma k_g variável parece ter mais aplicabilidade visto que há a combinação da eficiência com a composição do ganho.

Neste estudo foi observado o valor de 2,72 para a exigência de proteína metabolizável para manutenção. O valor 2,72 foi obtido pela divisão do intercepto (218,77) da equação de regressão do consumo de proteína metabolizável (g/dia) em função do ganho de peso (kg/dia) dos animais, pelo peso vivo médio metabólico dos animais (80,36) (Figura 2).

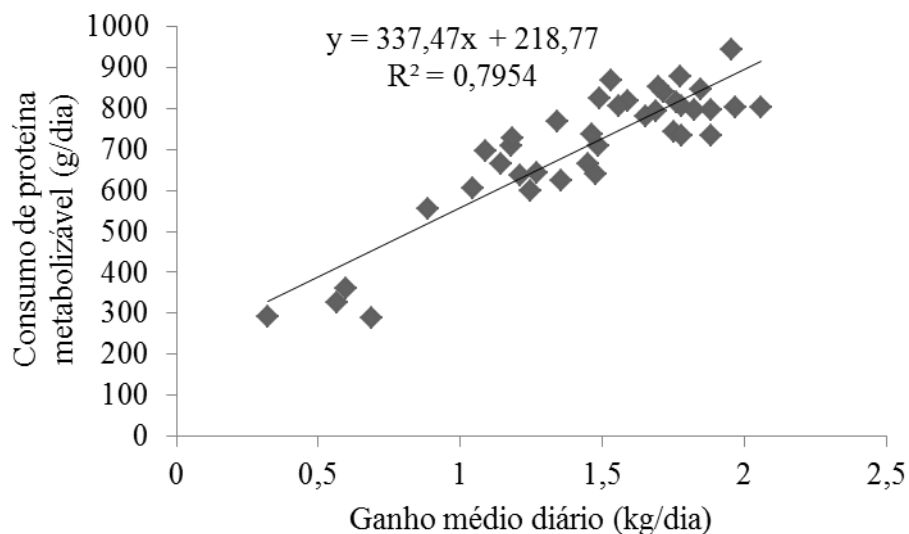


Figura 2 – Relação entre o consumo de proteína metabolizável e o ganho médio diário

A equação obtida para descrever o conteúdo de proteína bruta corporal (CPB) em função do PCVZ foi $CPB = 1,6100 \times PCVZ^{0,6575}$, em que CPB é o conteúdo corporal de proteína bruta, em kg, e PCVZ é o peso de corpo vazio, em kg.

Foram estimadas as exigências líquidas de proteína para um kg de ganho de peso de corpo vazio (PR) pela derivada da equação acima: $PR = 1,0586 \times PCVZ^{-0,3425}$, em que PR é a exigência líquida de proteína para ganho, expressa em gramas por kg de GPCVZ.

A medida que o PCVZ dos animais aumenta, ocorre um decréscimo na PR, representado pelo expoente negativo ligado ao PCVZ, resultando em menor ganho de proteína por kg de GPCVZ. Com o incremento no peso, há diminuição na deposição de tecido muscular e aumento na deposição de tecido adiposo para as reservas corporais.

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: $PL_g = 279,19 \times GPCVZ - 22,87 \times ER$, 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. A equação recomendada pelo BR-CORTE (Valadares Filho et al., 2010) para estimar as exigências líquida de proteína é: $PR = 238,79 \times GPCVZ - 15,68 \times ER$.

A eficiência de utilização da proteína metabolizável para ganho (k) foi calculada conforme proposto por Valadares Filho et al. (2010) em que: $k (\%) = 84,665 - (0,1179 \times PCVZ_{eq})$ para animais com peso corporal em jejum (PCJ) menor ou igual a 350 kg e um valor fixo de 0,469 para animais acima desse peso.

O resumo das equações geradas e/ou utilizadas neste estudo está apresentado na Tabela 4. A partir delas, podem ser estimadas as exigências nutricionais de energia e proteína para bovinos cruzados Holandês × Zebu não castrados alimentados com diferentes dietas.

Tabela 4 – Resumo dos modelos de estimativa das exigências nutricionais de energia e proteína para bovinos Holandês × Zebu não castrados

Item	Equação	Unidade
PCVZ	$0,8834 \times PCJ$	kg
PCVZ _{eq}	$(PCVZ/455) / 440$	kg
GPCVZ	$1,0511 \times GMD$	kg/dia
EL _m	78,7	kcal/PCVZ ^{0,75} /dia
EM _m	114,2	kcal/PCVZ ^{0,75} /dia
k _m	0,6891	-
EL _g	$0,0493 \times PCVZ^{0,75} \times GPCVZ^{1,0013}$	Mcal/dia
%ER _p	$1,7202 \times (ER/GPCVZ)^{-1,351}$	%
k _g	$0,327 / [0,539 + (\%ER_p/100)]$	-
EM _g	EL _g /k _g	Mcal/dia
ED	EM / 0,82	kcal/PCVZ ^{0,75} /dia
NDT	ED / 4,409	kg/dia
PL _g	$279,19 \times GPCVZ - 22,87 \times ER$	g/dia
k	PC ≤ 350 kg, k (%)= 84,665 – 0,1179 × PCVZ _{eq} , PC >350 kg, k(%)= 46,9	%
PM _g	PL _g /k	g/dia
PM _m	$2,72 \times PC^{0,75}$	g/dia
P _{Met}	PM _m + PM _g	g/dia
PB _{mic}	PB _{mic} = 120 × NDT	g/dia
PDR	PDR= (PB _{mic} × 1,11)	g/dia
PNDR	PNDR = (P _{Met} - (PB _{mic} × 0,64))/0,8	g/dia
PB	PB = PDR + PNDR	g/dia

Conclusões

As exigências de energia líquida e metabolizável para manutenção de bovinos cruzados Holandês × Zebu, não castrados, são de 78,7 kcal/PCVZ^{0,75}/dia e 114,2 kcal/PCVZ^{0,75}/dia, respectivamente. As exigências de energia líquida para ganho podem ser obtidas pela equação: $EL_g = 0,0493 \times PCVZ^{0,75} \times GPCVZ^{1,0013}$. As exigências líquidas de proteína para ganho podem ser obtidas pela equação: PL_g (g/dia) = 279,19 ×

GPCVZ – 22,87 × ER. As eficiências de utilização da energia metabolizável para a deposição de proteína (k_p) e gordura (k_f) para bovinos cruzados Holandês × Zebu, não castrados, em terminação, são de 0,2048 e 0,8848, respectivamente.

Referências

- 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.
- CHIZZOTTI, M.L.; TEDESCHI, L.O.; VALADARES FILHO, S.C. A meta-analysis of energy and protein requirements for maintenance and growth of Nelore cattle. **Journal of Animal Science**. v.86, p.1588-1597, 2008.
- COELHO DA SILVA, J.F. & LEÃO, M.I. **Fundamentos de nutrição de ruminantes**. 1.ed. Piracicaba: Livroceres, 1979. 380p.
- COSTA E SILVA, L.F. **Exigências nutricionais, validação de equações para a estimativa da composição do corpo vazio e uso da creatinina para estimar a proporção de tecido muscular em bovinos Nelore**. 2011. 148p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2010.
- CSIRO – Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization. **Nutrient Requirements of Domesticated Ruminants**. Collingwood, VIC: Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization, 2007. 270p
- DETMANN, E. & VALADARES FILHO, S.C. On the estimation of non-fibrous carbohydrates in feeds and diets. **Arquivos Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.62, p.980-984, 2010.
- FERRELL, C.L. & OLTJEN, J.W. ASA CENTENNIAL PAPER: Net energy system for beef cattle – concepts, applications, and future models. **Journal of Animal Science**, v.86, p.2779-2794, 2008.

GARRETT, W.N. Factors influencing energetic efficiency of beef production. **Journal of Animal Science**, v.51, p.1434-1440, 1980.

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.

HANKINS, O.G. & HOWE, P.E. Estimation of the composition of beef carcasses and cuts. [T.B.]: United States Department of Agriculture, 1946. p.1-19 (**Technical Bulletin** - USDA, 926).

JOHNSON, D.E.; LARSON, E.M.; JAROSZ, M.J. Extrapolating from ME to NE: unintended consequences. In: Proceedings of Energy Metabolism of Farm animals, 14, 1977, Newcastle. **Anais...** Newcastle: CAB International, 1977. P.383-386.

LANA, D.P.D. **Estimativa da composição química do corpo vazio de tourinhos Nelore através da gravidade específica da carcaça e da composição de cortes das costelas**. 1988. 131p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1988.

MARCONDES, M.I.; VALADARES FILHO, S.C. et al. Predição da composição corporal e da carcaça de animais Nelore puros e cruzados. In: 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. p. 65-84, Viçosa, MG, 2010.

MARCONDES, M.I.; VALADARES FILHO, S.C.; OLIVEIRA, I.M. Exigências de energia de animais Nelore puros e mestiços com as raças Angus e Simental. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, p.872-881, 2011.

MERTENS, D.R.; ALLEN, M.; CARMANY, J.; CLEGG, J.; DAVIDOWICZ, A.; DROUCHES, M.; FRANK, K.; GAMBIN, D.; GARKIE, M.; GILDEMEISTER, B.; JEFFRESS, D.; JEON, C.S.; JONES, D.; KAPLAN, D.; KIM, G.N.; KOBATA,

- S.; MAIN, D.; MOUA, X.; PAUL, B.; ROBERTSON, J.; TAYSON, D.; THIEX, N.; WILLIAMS, J.; WOLF, M. Gravimetric detergmination of amylase-treated neutral detergent fiber in feeds with refluxing in beakers or crucibles: Collaborative study. *Journal of AOAC International*, v.85, p.1217-1240, 2002.
- NATIONAL FORAGE TESTING ASSOCIATION. **Laboratory dry matter by microwave drying to constant weight**. In: Forage analyses procedures. 1993.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. **Nutrient requirements of beef cattle**. 7.ed. Washington, D.C.: 2000. 242p.
- PAULINO, P.V.R.; COSTA, M.A.L.; VALADARES FILHO, S.C.; PAULINO, M.F.; VALADARES, R.F.D.; MAGALHÃES, K.A.; DETMANN, E.; PORTO, M.O.; MORAES, K.A.K. Validação das equações desenvolvidas por Hankins & Howe para predição da composição da carcaça de zebuínio e desenvolvimento de equações para estimativa da composição corporal. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.34, p.327-339, 2005.
- POCZOPKO, P. Metabolic levels in adults homeotems. *Acta Theriologica*, v.16, p.1-21, 1971.
- PRESTON, R.L. Feed composition tables. *Beef Magazine*, v.42, p.50-67, 2006.
- SILVA, D.J. & QUEIROZ, A.C. **Análise de Alimentos (métodos químicos e biológicos)**. 3.ed. Viçosa: Imprensa Universitária – Universidade Federal de Viçosa, 2002. 165 p.
- SILVA, F.F. **Desempenho, características de carcaça, composição corporal e exigências nutricionais (de energia, proteína, aminoácidos e macrominerais) de novilhos Nelore, nas fases de recria e engorda, recebendo diferentes níveis de concentrado e proteína**. 2001. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2001.

- TEDESCHI, L.O.; BOIN, C.; FOX, D.G.; LEME, P.R.; ALLEONI, G.F.; LANNA, D.P. Energy requirements for maintenance and growth of Nelore bulls and steers fed high-forage diets. **Journal of Animal Science**, v.80, p.1671-1682, 2002.
- TEDESCHI, L.O.; FOX, D.G.; GUIROY, P.J. A decision support system to improve individual cattle management. 1. A mechanistic, dynamic model for animal growth. **Agricultural Systems**, v.79, p.171-204, 2004.
- UNDERSANDER, D.; MERTENS, D.R.; THIEX, N. 1993. **Forage Analyses Procedures**. Omaha: National Forage Testing Association. 135p. Disponível em: http://www.foragetesting.org/lab_procedure/labpro.pdf.
- VALADARES FILHO, S.C.; PAULINO, P.V.R.; MAGALHÃES, K.A. **Exigências nutricionais de zebuínos e tabelas de composição de alimentos – BR CORTE**. 1 ed. Viçosa : UFV, Suprema Gráfica Ltda. 2006, 142p.
- 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 : UFV, Suprema Gráfica Ltda. 2010, 193p.
- VALADARES FILHO, S.C.; CHIZZOTTI, M.L. Exigências nutricionais de bovinos de corte. IN: PIRES, A.V. **Bovinocultura de corte**. Piracicaba, SP. 1 ed., p.203-216, 2011.
- WILLIAMS, C.B.; JENKINS, T.G. A dynamic model of metabolizable energy utilization in growing and mature cattle. I. Model evaluation. **Journal of Animal Science** v.81. p.1390-1398. 2003.

Capítulo 3

Composição química, perfil e quantificação de ácidos graxos do músculo

Longissimus dorsi de bovinos alimentados com silagem de milho ou cana-de-açúcar em diferentes proporções

Resumo - Objetivou-se com este estudo avaliar a composição química, o perfil e a quantificação dos ácidos graxos no músculo *Longissimus dorsi* de bovinos alimentados com silagem de milho ou cana-de-açúcar em diferentes proporções. Foram utilizados 36 bovinos Holandês × Zebu não castrados com idade média de 24 meses e peso corporal médio de $328 \pm 39,01$ kg. O experimento foi realizado em delineamento inteiramente casualizado com duração de 84 dias. Foram utilizadas a silagem de milho (SM) e a cana-de-açúcar *in natura* (CA) nas proporções de 60 ou 40% na base da matéria seca (MS) total das dietas. As seis dietas experimentais foram assim constituídas: 1) 60SM:40% de concentrado (C) (84 dias); 2) 60SM:40C (42 dias) e 40SM:60C (42 dias); 3) 40SM:60C (84 dias); 4) 60CA:40C (84 dias); 5) 60CA:40C (42 dias) e 40CA:60C (42 dias) e 6) 40CA:60C (84 dias). Ao final dos 84 dias de experimento, os bovinos foram abatidos e uma amostra do músculo *Longissimus dorsi* localizada entre a 12^a e a 13^a costelas foi retirada, embalada à vácuo e congelada a -20°C para posteriores análises. A composição química do músculo *Longissimus dorsi* não foi influenciada ($P>0,05$) pelas diferentes dietas. No entanto, a maior ($P<0,05$) percentagem do ácido graxo C 16:0 foi observada no músculo *Longissimus dorsi* de bovinos alimentados com dieta à base de cana-de-açúcar nas proporções 60:40 e 40:60. Entretanto, não houve diferença ($P>0,05$) entre a dieta à base de cana-de-açúcar na proporção 40:60 e as demais dietas. A percentagem do ácido graxo C 18:3 *n*-3, considerado um ácido graxo estritamente essencial, foi maior ($P<0,05$) no músculo *Longissimus dorsi* dos bovinos alimentados com dietas à base de cana-de-açúcar independente da proporção volumoso fornecida. Da mesma forma, a percentagem do ácido graxo C 20:5 *n*-3, considerado um ácido graxo essencial, foi maior ($P<0,05$) no músculo *Longissimus dorsi* dos animais alimentados com dietas à base de cana-de-açúcar independente da proporção de volumoso fornecida. A percentagem do ácido graxo C 18:2 c 9 t 11 foi maior ($P<0,05$) no músculo *Longissimus dorsi* de bovinos alimentados à base de cana-de-açúcar na proporção 60:40 e na dieta reversa. Conclui-se que bovinos alimentados com dietas à base de cana-de-açúcar apresentam melhor perfil de ácidos graxos em relação aos animais alimentados com dietas à base de silagem de milho tendo em vista que há um

aumento na percentagem dos ácidos graxos essencial e estritamente essencial no músculo *Longissimus dorsi*.

Palavras-chave: ácidos graxos essenciais, ácidos graxos estritamente essenciais, ácido linoléico conjugado, ômega 3, ômega 6

Chemical composition, fatty acid profile and quantification in *Longissimus dorsi* muscle of bulls fed corn silage or sugar cane in different proportions

Abstract - The aim of this study was to evaluate the chemical composition, fatty acid profile and quantification in *Longissimus dorsi* muscle of bulls fed with corn silage or sugar cane in different proportions. Thirty-six crossbred bulls (Holstein × Zebu) with 24 months and body weight of 328 ± 39.01 kg were used. The experiment was conducted in completely randomized design with duration of 84 days. The diets evaluated were corn silage (CS) and sugar cane (SC) with 60 or 40% in dry matter (DM) of total diet. The experimental diets were: 1) 60CS:40% concentrate (C) (84 days); 2) 60CS:40C (42 days) and 40CS:60C (42 days); 3) 40CS:60C (84 days); 4) 60SC:40C (84 days); 5) 60SC:40C (42 days) and 40SC:60C (42 days); 6) 40SC:60C (84 days). At the final of the experiment, the bulls were slaughtered at Universidade Federal de Viçosa and a sample located between 12 and 13rd ribs of each bull was took and it was vacuum-packed and frozen at -20°C to further analyses. The chemical composition in *Longissimus dorsi* muscle was not influenced ($P>0.05$) by the different diets. However, the higher ($P<0.05$) percentage to C 16:0 fatty acid was observed in *Longissimus dorsi* muscle to bulls fed with sugar cane 60:40 and 40:60. Though did not have difference ($P>0.05$) among the diet with sugar cane 40:60 and the others diets. The percentage of the C 18:3 *n*-3 fatty acid, a strictly essential fatty acid, was higher ($P<0.05$) in *Longissimus dorsi* muscle to bulls fed with sugar cane independently the ratio of roughage concentrate used. The same way, the percentage of C 20:5 *n*-3, an essential fatty acid, was higher ($P<0.05$) in *Longissimus dorsi* muscle of bulls fed with sugar cane independently of the ratio roughage concentrate used. The percentage of C 18:2 c 9 t 11 was higher ($P<0.05$) in *Longissimus dorsi* muscle of bulls fed with sugar cane 60:40 and 60:40 – 40:60. Thus, bulls fed with sugar cane present better fatty acid profile in relation with bulls fed with corn silage. This can be due the increase of the essential and strictly essential fatty acids in *Longissimus dorsi* muscle of bulls fed with sugar cane.

Keywords: conjugated linoleic acid, essential fatty acids, *n*-3, *n*-6, strictly essential fatty acids

Introdução

O mercado consumidor de carne bovina em alguns países, como os europeus, vem diminuindo em razão dos fatores negativos associados à qualidade da carne (Decker & Park, 2010; Van Wezemael et al., 2012). Entre os fatores relacionados a esta diminuição está a relação entre o consumo de carne bovina com doenças cardíacas, arteriosclerose, câncer intestinal, obesidade e outras doenças (Katan et al., 1994; Kwiterovich, 1997; Norat & Riboli, 2001; Larsoon & Wolk, 2006; Scarborough et al., 2009).

No entanto, a carne bovina apresenta ácidos graxos estritamente essenciais, como o linoléico e o linolênico (Smith, 2007). Além disso, quantidade significativa do ácido linoléico conjugado (CLA) também é encontrada na carne bovina (Maggioni et al., 2009; Zawadzki et al., 2011) quando comparada a outros produtos de origem animal, como a carne de peixes e de outros animais não ruminantes (Demirezen & Kadiriye, 2006).

Estudos demonstram o efeito benéfico dos ácidos graxos poliinsaturados, especialmente o CLA na saúde humana (Park & Pariza, 2007). Alguns isômeros deste ácido, principalmente o cis-9 trans-11 e o trans-10 cis-12 foram identificados como inibidores de câncer (Noci et al., 2005), redutores da arteriosclerose (Katan et al., 1994), com efeito antioxidante (Seçkin et al., 2005) e com propriedades anti diabéticas (Bauman et al., 1999).

O CLA se refere a uma mistura posicional e geométrica de isômeros do ácido linoléico, com duas duplas ligações separadas por uma única ligação. Ainda, cada dupla ligação pode estar arranjada na configuração cis ou trans (McGuire & McGuire, 1999). A principal forma do CLA presente em produtos oriundos de animais ruminantes, como o leite e a carne, é a cis 9 trans 11, conhecida como ácido rumênico (Kramer et al., 1998).

A qualidade da carne pode ser manipulada pela nutrição, utilizada com sucesso em sistema de confinamento (Webb, 2006; Rotta et al., 2009b; Oliveira et al., 2012). Embora os efeitos positivos e negativos da alimentação sejam melhor observados em animais não ruminantes, mudanças na qualidade da carne foram observadas, também, em ruminantes, particularmente no perfil de ácidos graxos (Webb & Casey, 1997; Prado et al., 2008a; Maggioni et al., 2009; Corazzin et al., 2012).

A cana-de-açúcar, por apresentar maior percentagem de ácidos graxos da classe ômega 3 em relação à silagem de milho, poderia melhorar a qualidade da carne, pelo aumento da quantidade desses ácidos graxos na carne bovina (Fernandes et al., 2009). Os ácidos graxos ômega 3 estão presentes em baixa quantidade na carne bovina e seu aumento melhoraria a sua qualidade (Rotta et al., 2009b). No entanto, devido à biohidrogenação ruminal, os ácidos graxos ômega 3 podem não ser incorporados na carne bovina, sendo, ainda no rúmen, transformados em ácidos graxos monoinsaturados ou saturados (Campbell, 1995).

Objetivou-se com este trabalho avaliar a composição química, o perfil e a quantificação dos ácidos graxos do músculo *Longissimus dorsi* de bovinos não castrados cruzados (Holandês × Zebu), alimentados com silagem de milho ou cana-de-açúcar em diferentes proporções.

Material e Métodos

Manejo animal, delineamento experimental e dietas

O experimento foi conduzido no confinamento animal do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG. Foram utilizados 36 bovinos, não castrados, cruzados (Holandês × Zebu) com idade média de 24 meses e peso corporal médio de 328±39 kg. O experimento foi realizado em delineamento

inteiramente casualizado com duração de 84 dias, após um período de adaptação de 14 dias.

Os bovinos foram confinados em baias individuais, com piso de concreto, providas de comedouro e bebedouro de concreto, com área total de 30 m², sendo 8 m² cobertos. Os mesmos foram submetidos a um período de transição ao local do experimento de 30 dias, recebendo uma dieta com capim elefante triturado como volumoso à vontade e 2 kg de concentrado com 200 g/kg de proteína bruta diariamente. Durante esse período, os animais foram identificados e tratados contra ecto e endoparasitas. Após esse período, os bovinos foram pesados em jejum de sólidos por 14 horas e aleatoriamente distribuídos em seis grupos com seis animais cada.

Posterior à distribuição, os bovinos foram submetidos a uma adaptação à dieta experimental por 14 dias com gradual aumento da quantidade de concentrado e da mistura ureia + sulfato de amônio na dieta. O aumento gradual consistiu em metade da quantidade necessária na primeira semana do concentrado e da mistura ureia + sulfato de amônio e o fornecimento total desses alimentos na segunda semana de adaptação.

Antes do início do experimento, os animais foram novamente pesados em jejum de sólidos por 14 horas e receberam as seguintes dietas experimentais, de acordo com o grupo a que foram designados:

- 1) 60% de silagem de milho + 40% de concentrado (durante 84 dias);
- 2) 60% de silagem de milho + 40% de concentrado (primeiros 42 dias) e 40% de silagem de milho + 60% de concentrado (últimos 42 dias);
- 3) 40% de silagem de milho + 60% de concentrado (durante 84 dias);
- 4) 60% de cana-de-açúcar *in natura* + 40% de concentrado (durante 84 dias);
- 5) 60% de cana-de-açúcar *in natura* + 40% de concentrado (primeiros 42 dias) e 40% de cana-de-açúcar *in natura* + 60% de concentrado (últimos 42 dias);
- 6) 40% de cana-de-açúcar *in natura* + 60% de concentrado (durante 84 dias).

A silagem de milho foi coletada no silo tipo trincheira uma hora antes do fornecimento aos bovinos e a cana-de-açúcar (planta inteira) foi triturada diariamente antes do arração. A silagem de milho e a cana-de-açúcar tiveram o teor de MS avaliada diariamente para ajuste da quantidade fornecida aos animais de concentrado e ureia + sulfato de amônio. Foi utilizada uma mistura de ureia + sulfato de amônio (9:1) para elevar os teores de PB dos volumosos para 120 g/kg. A avaliação diária do teor de matéria seca foi realizada em duplicada, utilizando um forno microondas convencional, de acordo com as recomendações do National Forage Testing Association (1993).

Um único concentrado foi utilizado, sendo esse constituído de: 90,40% de fubá de milho; 7,90% de farelo de soja; 0,85% de mistura mineral e 0,85% de sal comum, cuja composição dos ingredientes é apresentada na Tabela 1.

Tabela 1 - Composição química dos alimentos utilizados nas dietas experimentais

Alimentos	MS ¹	MO ²	PB ³	EE ⁴	FDNcp ⁵	CNF ⁶	FDNi ⁷
	g/kg						
Silagem de milho	300,8	947,1	65,7	32,44	515,70	333,30	140,20
Cana-de-açúcar	281,6	973,8	28,3	15,76	458,70	471,04	222,06
Milho	901,9	989,4	94,8	35,70	144,40	714,50	1,71
Farelo de soja	875,0	951,8	528,0	14,80	124,20	284,80	0,64
Mistura mineral	975,4	160,0	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00
Sal comum	933,1	114,9	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00
Ureia + sulfato de amônio	950,6	984,9	2630,8	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

As dietas experimentais foram isoprotéicas (120 g/kg de proteína bruta) e formuladas para ganho de 1,20 kg/dia de acordo com Valadares Filho et al. (2010) (Tabela 2).

Tabela 2 - Proporções dos alimentos no concentrado e na dieta (g/kg MS), composição do concentrado e das dietas na base da matéria seca

Itens	Concentrado	Silagem de milho		Cana-de-açúcar	
		60:40	40:60	60:40	40:60
	g/kg				
Volúmoso	-	600*	400*	600 [#]	400 [#]
Milho	904,00	361,60	542,40	361,60	542,40
Farelo de soja	79,00	31,60	47,40	31,60	47,40
Mistura mineral	8,50	3,40	5,10	3,40	5,10
Sal comum	8,50	3,40	5,10	3,40	5,10
Composição química (g/kg)					
MO ¹	973,40	957,60	962,90	973,60	962,90
PB ²	126,20	124,60	129,40	117,60	129,10
EE ³	33,50	33,00	20,60	13,20	19,80
FDN _{cp} ⁴	140,30	366,60	295,50	324,10	262,50
CNF ⁵	673,40	453,55	530,83	552,80	574,24
FDNi ⁶	3,31	97,60	75,40	144,76	106,80

*20,6 g de ureia + sulfato de amônio por kg de MS do volumoso consumido, #34,87 g de ureia + sulfato de amônio por kg de MS do volumoso consumido, ¹Matéria orgânica, ²Proteína bruta, ³Extrato etéreo, ⁴Fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína bruta, ⁵Carboidratos não fibrosos, ⁶Fibra em detergente neutro indigestível

O volumoso (silagem de milho ou cana-de-açúcar) foi fornecido em sua totalidade às 8h00 juntamente com a mistura ureia + sulfato de amônio e metade da quantidade diária do concentrado. Primeiramente foi realizada a incorporação da ureia + sulfato de amônio ao volumoso e posteriormente o concentrado foi adicionado, sendo a outra metade do concentrado fornecida às 15h00. As quantidades de volumoso, concentrado e ureia + sulfato de amônio fornecidas, bem como as sobras, foram registradas diariamente. A dieta fornecida aos animais foi ajustada para manter as sobras em torno de 5 a 10% na matéria natural, com água permanentemente à disposição dos mesmos.

O perfil de ácidos graxos dos volumosos utilizados nas dietas avaliadas pode ser observado na Tabela 3.

Tabela 3 – Perfil de ácidos graxos (%) da silagem de milho e da cana-de-açúcar utilizada nas dietas experimentais

Ácidos graxos (%)	Volumoso	
	Silagem de milho	Cana-de-açúcar
C 16:0	17,02	22,38
C 16:1 <i>n</i> -9	0,15	0,00
C 16:1 <i>n</i> -7	0,21	0,00
C 17:0	0,15	0,00
C 17:1 <i>n</i> -9	0,07	0,00
C 18:0	2,58	0,00
C 18:1 <i>n</i> -9 c	24,83	31,22
C 18:1 <i>n</i> -7	0,75	1,07
C 18:2 <i>n</i> -6 c	46,94	33,30
C 18:3 <i>n</i> -3	6,65	12,03
C 20:0	0,65	0,00
Ácidos graxos saturados	20,40	22,38
Ácidos graxos monoinsaturados	26,01	32,29
Ácidos graxos poliinsaturados	53,60	45,33
<i>n</i> -6	46,94	33,30
<i>n</i> -3	6,65	12,03
<i>n</i> -9	25,05	31,22
<i>n</i> -6/ <i>n</i> -3	7,07	2,77
AGPI/AGS	2,63	2,03

Os ingredientes que compuseram o concentrado foram amostrados diretamente dos silos da fábrica de ração nos dias das misturas dos mesmos. Durante os períodos experimentais (21 dias), foram realizadas duas misturas dos ingredientes, uma a cada 10 dias, sendo realizada uma amostra composta por período dos ingredientes.

Abates e amostragens

Ao final dos 84 dias de experimento, os bovinos foram abatidos nas instalações da Universidade Federal de Viçosa. Foram abatidos nove animais por dia, sendo os mesmos aleatoriamente selecionados para cada dia de abate.

Antes dos abates, os bovinos foram submetidos a jejum de sólidos por 16 horas. O abate foi realizado via insensibilização e secção da jugular.

Após o abate, a carcaça de cada animal foi dividida em duas meias carcaças, pesadas e acondicionadas em câmara fria a 4°C por aproximadamente 18 horas. Depois do resfriamento, uma amostra compreendida do músculo *Longissimus dorsi* entre a 12^a

e a 13ª costelas foi retirada para avaliação da composição química, perfil e quantificação dos ácidos graxos. As amostras coletadas foram embaladas a vácuo e armazenadas em câmara fria a -20°C até serem analisadas.

Análises químicas

Para as análises laboratoriais, as amostras foram descongeladas em temperatura ambiente e moídas para a quantificação dos teores de umidade, cinzas e proteína bruta, segundo AOAC (1998). A extração dos ácidos graxos dos volumosos e do músculo *Longissimus dorsi* foi realizada segundo Bligh & Dyer (1959) e a transesterificação dos triacilgliceróis para obtenção dos ésteres metílicos de ácidos graxos foi realizada conforme o método ISO (1978).

Os ésteres metílicos de ácidos graxos foram analisados por cromatografia gasosa, em cromatógrafo gasoso Shimadzu 14-A, equipado com detector de ionização de chama e coluna capilar de sílica fundida (100 m de comprimento, 0,25 mm de diâmetro interno e 0,20 μm de CP-Sil88, ChromPack). Os fluxos dos gases foram de 1,2 mL/min para o gás de arraste H_2 , 30 mL/min para o gás auxiliar N_2 e 30 e 300 mL/min para os gases da chama H_2 e ar sintético, respectivamente. As temperaturas do injetor e detector foram 220 e 245°C , respectivamente. A temperatura da coluna foi de 180°C , mantida por 5 minutos, sendo então elevada para 240°C , a uma taxa de $4^{\circ}\text{C}/\text{min}$. A razão de divisão da amostra foi de 1:100. As áreas dos picos foram determinadas pelo método da normalização, utilizando um Integrador - Processador CG-300, e a identificação dos picos foi realizada por comparação aos tempos de retenção de padrões de ésteres metílicos de ácidos graxos (Sigma).

Análises estatísticas

Os dados foram analisados em delineamento inteiramente casualizado utilizando o procedimento PROC MIXED do SAS (versão 9.2). Quando pertinente, as médias foram comparadas utilizando-se o teste de Tukey. Adotou-se 0,05 como nível crítico de probabilidade para o erro tipo I.

Resultados e Discussão

Composição química

As diferentes dietas não influenciaram ($P>0,05$) a composição química do músculo *Longissimus dorsi* de bovinos cruzados (Holandês × Zebu) alimentados com silagem de milho ou cana-de-açúcar em diferentes proporções (Tabela 4).

De acordo com alguns estudos (Prado et al., 2008a; Maggioni et al., 2009; Rotta, et al., 2009b) a composição química é pouco influenciada pela dieta. Sendo que diferenças na composição lipídica do músculo e conseqüentemente, na umidade, podem ser observadas com a inclusão de algum tipo de oleaginosa no concentrado (Fernandes et al., 2009).

Tabela 4 – Composição química (%) do músculo *Longissius dorsi* de bovinos cruzados alimentados com silagem de milho ou cana-de-açúcar em diferentes proporções

Itens (%)	Dietas						Valor - P
	Silagem de milho			Cana-de-açúcar			
	60:40	60:40 40:60	40:60	60:40	60:40 40:60	40:60	
Umidade	75,23	75,92	75,28	75,55	75,05	76,13	0,9919
Cinzas	0,93	0,91	0,93	0,91	0,93	0,93	0,9919
Proteína bruta	20,13	19,73	19,62	19,9	20,22	19,44	0,7654
Lipídeos totais	1,41	1,43	1,24	1,29	1,67	1,19	0,7520

Perfil de ácidos graxos

Os ácidos graxos C 12:0, C 14:0, C 14:1 *n*-5, C 14:1 *n*-7, C 14:1 *n*-9, C 15:0, C 16:1 *n*-9, C 18:1 *n*-7, C 18:2 *n*-6 *c*, C 18:3 *n*-6, C 21:0, C 20:2 *n*-6 e C 22:0 não foram influenciados ($P>0,05$) pelas diferentes dietas (Tabela 5).

Tabela 5 – Perfil de ácidos graxos (%) do músculo *Longissimus dorsi* de bovinos cruzados alimentados com silagem de milho ou cana-de-açúcar em diferentes proporções

Ácidos graxos (%)	Dietas						Valor - P
	Silagem de milho			Cana-de-açúcar			
	60:40	60:40 40:60	40:60	60:40	60:40 40:60	40:60	
C 12:0	0,04	0,04	0,04	0,04	0,05	0,04	0,9721
C 14:0	2,32	2,27	2,34	2,37	2,32	2,42	0,9945
C 14:1 <i>n</i> -5	0,08	0,08	0,06	0,06	0,06	0,06	0,1726
C 14:1 <i>n</i> -7	0,57	0,51	0,53	0,60	0,72	0,73	0,0710
C 14:1 <i>n</i> -9	0,10	0,11	0,09	0,10	0,11	0,08	0,1755
C 15:0	0,25	0,30	0,27	0,26	0,31	0,28	0,2981
C 15:1 <i>n</i> -9	0,17 ^a	0,14 ^a	0,12 ^b	0,11 ^b	0,10 ^b	0,08 ^c	<0,0001
C 16:0	24,08 ^b	25,56 ^b	25,13 ^b	26,97 ^a	24,79 ^b	25,53 ^{ab}	0,0094
C 16:1 <i>n</i> -9	0,17	0,19	0,18	0,20	0,22	0,19	0,0613
C 16:1 <i>n</i> -7	3,42 ^{ab}	3,18 ^b	3,23 ^b	3,86 ^a	3,77 ^a	3,82 ^a	0,0019
C 16:1 <i>n</i> -5	0,15 ^b	0,14 ^b	0,15 ^b	0,15 ^b	0,16 ^b	0,21 ^a	0,0105
C 17:0	0,65 ^b	0,84 ^a	0,64 ^b	0,54 ^b	0,91 ^a	0,77 ^{ab}	0,0006
C 17:1 <i>n</i> -9	0,65 ^b	0,71 ^b	0,75 ^a	0,66 ^b	0,84 ^a	0,73 ^{ab}	0,0430
C 18:0	15,47 ^a	15,61 ^a	14,71 ^b	13,51 ^c	14,55 ^b	13,47 ^c	<0,0001
C 18:1 <i>n</i> -11 <i>t</i>	1,03 ^b	1,30 ^a	0,96 ^{bc}	0,72 ^c	1,02 ^b	0,77 ^c	0,0011
C 18:1 <i>n</i> -9 <i>c</i>	41,44 ^a	41,86 ^a	40,37 ^a	39,25 ^b	38,12 ^b	40,09 ^a	0,0054
C 18:1 <i>n</i> -7	1,24	1,27	1,22	0,94	1,30	1,06	0,6066
C 18:2 <i>n</i> -6 <i>c</i>	4,20	4,37	4,78	5,42	5,72	5,39	0,1395
C 18:3 <i>n</i> -6	0,03	0,01	0,02	0,03	0,03	0,03	0,1608
C 18:3 <i>n</i> -3	0,34 ^b	0,38 ^b	0,40 ^b	0,55 ^a	0,58 ^a	0,52 ^a	0,0003
C 20:0	0,40 ^a	0,44 ^a	0,44 ^a	0,33 ^b	0,36 ^{ab}	0,33 ^b	<0,0001
C 20:1 <i>n</i> -9	0,1 ^b	0,09 ^b	0,14 ^a	0,14 ^a	0,15 ^a	0,13 ^a	0,0364
C 21:0	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,8559
C 20:2 <i>n</i> -6	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,8206
C 18:2 <i>c</i> 9 <i>t</i> 11	0,13 ^c	0,15 ^c	0,19 ^b	0,24 ^a	0,22 ^{ab}	0,18 ^b	0,0021
C 22:0	0,31	0,28	0,34	0,37	0,34	0,35	0,7156
C 20:4 <i>n</i> -6	1,25 ^b	1,11 ^b	1,41 ^a	1,82 ^a	1,71 ^a	1,71 ^a	0,0036
C 20:3 <i>n</i> -3	0,03 ^b	0,04 ^b	0,03 ^b	0,05 ^a	0,06 ^a	0,04 ^b	0,0052
C 24:0	0,06 ^b	0,04 ^b	0,05 ^b	0,08 ^a	0,08 ^a	0,08 ^a	0,0012
C 20:5 <i>n</i> -3	0,41 ^b	0,34 ^b	0,42 ^b	0,70 ^a	0,62 ^a	0,55 ^a	<0,0001
C 24:1 <i>n</i> -9	0,76 ^b	0,64 ^b	0,78 ^b	1,27 ^a	1,13 ^a	1,16 ^a	<0,0001
C 22:6 <i>n</i> -3	0,11 ^b	0,10 ^b	0,12 ^b	0,20 ^a	0,20 ^a	0,17 ^a	0,0007

A maior ($P < 0,05$) percentagem do ácido graxo C 16:0 foi observada no músculo *Longissimus dorsi* dos animais alimentados a base de cana-de-açúcar na proporção 60:40 (Tabela 5). Entretanto, não houve diferença nesse ácido ($P > 0,05$) entre a dieta à base de cana-de-açúcar na proporção 40:60 e as demais dietas. O ácido graxo C 16:0 é considerado um ácido graxo hipercolesterolêmico, ou seja, é um dos responsáveis pelo aumento da quantidade das lipoproteínas de baixa densidade – LDL (Low Density Lipoprotein) (Souza & Visentainer, 2006; McNeill et al., 2012). Em bovinos, a percentagem desse ácido graxo é alta em relação aos demais ácidos graxos, representando 25% do total de ácidos graxos presentes no músculo (Prado et al., 2008a; b; c; d).

O ácido graxo C 18:0 é o segundo ácido graxo saturado encontrado no músculo *Longissimus dorsi* de bovinos em relação à percentagem, ficando atrás apenas do ácido graxo C 16:0 (Rotta et al., 2009a; Valero et al., 2011; Zawadzki et al., 2011). A maior ($P < 0,05$) percentagem do ácido graxo C 18:0 foi observada para os bovinos alimentados com a dieta à base de silagem de milho na proporção 60:40 e na dieta reversa 60:40 – 40:60 (Tabela 5). Valores intermediários foram observados para os bovinos alimentados a base de silagem de milho na proporção 40:60 e a base de cana-de-açúcar na dieta reversa 60:40 – 40:60. As dietas com cana-de-açúcar na razão de 60:40 e 40:60 foram as que apresentaram menores ($P < 0,05$) valores para o ácido graxo C 18:0. Segundo Campbell (1995), a baixa percentagem de ácidos graxos saturados caracteriza uma carne mais saudável à saúde humana.

A percentagem do ácido graxo C 18:1 *n*-9 foi maior ($P < 0,05$) no músculo *Longissimus dorsi* de animais alimentados a base de silagem de milho, independente da proporção volumoso concentrado utilizada, e para os animais alimentados com a dieta contendo cana-de-açúcar na proporção 40:60 (Tabela 5). O ácido graxo C 18:1 *n*-9 é o

ácido graxo com maior percentagem dentre os encontrados no perfil de ácidos graxos no músculo *Longissimus dorsi* de bovinos (Prado et al., 2008a; b; c; Rotta et al., 2009b; Zawadzki et al., 2011).

A maior parte da deposição de gordura nos tecidos dos animais é sintetizada pela lipogênese devido às dietas dos animais ruminantes serem pobres em lipídeos. Os ácidos graxos são alongados até C 18:0 e convertidos a C 18:1 pela dessaturação (Rule et al., 1997). Assim, o armazenamento de C 18:1 aumenta enquanto que o de C 18:0 é reduzido ao longo do período de deposição.

Alguns ácidos graxos são requeridos na dieta humana, isso ocorre porque esses não são sintetizados pelo organismo (Campbell, 1995). Esses ácidos graxos podem ser encontrados na carne bovina (Prado et al., 2008a; b; c; d; Rotta et al., 2009; Maggioni et al., 2009; Valero et al., 2011) e funcionam como carreadores de vitaminas solúveis (vitamina A, D, E e K) realizando importante função na resposta imune do organismo (Campbell, 1995).

Smith (2007) define os ácidos graxos como estritamente essenciais e essenciais, sendo que os ácidos graxos estritamente essenciais são o ácido linoléico (C 18:2 *n*-6) e ácido α -linolênico (C 18:3 *n*-3). Os ácidos graxos eicosapentaenóico (C 20:5 *n*-3) e araquidônico (C 20:4 *n*-6) são considerados essenciais, pois não podem ser sintetizados pelo organismo, entretanto, na presença de ácidos graxos linoléico e α -linolênico pode haver formação de araquidônico e eicosapentaenóico pela ação das enzimas delta 4, delta 5 e delta 6 dessaturases (Visentainer & Franco, 2006). Dessa forma, busca-se melhorar o perfil de ácidos graxos da carne bovina com uso de dietas que possibilitem o aumento dos ácidos graxos benéficos à saúde humana.

A percentagem do ácido graxo C 18:3 *n*-3 foi maior ($P < 0,05$) no músculo *Longissimus dorsi* dos bovinos alimentados com cana-de-açúcar independente da

proporção de volumoso fornecida. Da mesma forma, a percentagem do ácido graxo C 20:5 *n*-3 foi maior ($P<0,05$) no músculo *Longissimus dorsi* dos bovinos alimentados com dietas à base de cana-de-açúcar independente da proporção de volumoso utilizada. A maior percentagem dos ácidos graxos essenciais e estritamente essenciais no músculo *Longissimus dorsi* dos animais alimentados à base de cana-de-açúcar pode ser explicada pela maior percentagem do ácido graxo C 18:3 *n*-3 na cana-de-açúcar *in natura*. Mesmo com o processo de biohidrogenação ruminal, parte dos ácidos graxos presentes na cana-de-açúcar conseguiram escapar do processo e foram depositados no tecido muscular (Rule et al., 1997; Decker, & Park, 2010).

A percentagem do ácido graxo C 18:2 c 9 t 11 (CLA), foi maior ($P<0,05$) no músculo *Longissimus dorsi* de bovinos alimentados a base de cana-de-açúcar na proporção 60:40 (Tabela 5). No entanto, a percentagem desse ácido graxo na dieta reversa 60:40 – 40:60 contendo cana-de-açúcar foi similar ($P>0,05$) às demais dietas à base de cana-de-açúcar e à dieta contendo silagem de milho na proporção 40:60. Menores ($P<0,05$) valores do ácido graxo C 18:2 c 9 t 11 foram observados no músculo *Longissimus dorsi* de bovinos alimentados com dietas contendo silagem de milho na proporção 60:40 e na dieta reversa 60:40 – 40:60.

Proporções e relações dos ácidos graxos

Não houve diferença ($P>0,05$) para o somatório dos ácidos graxos saturados (AGS) e para o somatório dos ácidos graxos da classe ômega 9 (*n*-9) no músculo *Longissimus dorsi* de bovinos alimentados com as dietas contendo silagem de milho ou cana-de-açúcar em diferentes proporções (Tabela 6). Os AGS estão sendo associados a doenças, principalmente, nos países desenvolvidos. Essas doenças incluem vários tipos de câncer e especialmente doenças coronárias (Wood et al., 2003). No entanto, não se

tem observado diminuição da quantidade de AGS na carne bovina pela manipulação da dieta animal (Maggioni et al., 2009; Rotta et al., 2009b).

Foi observado maior ($P < 0,05$) somatório dos ácidos graxos monoinsaturados (AGMI) para os bovinos alimentados à base de silagem de milho (Tabela 6). Entretanto, o valor encontrado para a dieta contendo silagem de milho 40:60 foi similar ($P > 0,05$) aos das demais dietas à base de cana-de-açúcar.

AGMI é uma classe de ácidos graxo que pode influenciar positivamente a saúde humana. O C 18:1 *n*-9 (ácido oléico) aumenta o nível do colesterol HDL (High Density Lipoprotein) e diminui o nível do colesterol LDL (Low Density Lipoprotein) no sangue em seres humanos (Katan et al., 1994).

Tabela 6 – Somatórios (%) e relações dos ácidos graxos do músculo *Longissimus dorsi* de bovinos Holandês × Zebu alimentados com silagem de milho ou cana-de-açúcar em diferentes proporções

Itens	Dietas						Valor - P
	Silagem de milho			Cana-de-açúcar			
	60:40	60:40 40:60	40:60	60:40	60:40 40:60	40:60	
AGS ¹ (%)	44,58	44,12	43,51	44,67	43,33	43,64	0,5049
AGMI ² (%)	49,39 ^a	50,11 ^a	48,88 ^{ab}	46,73 ^b	47,96 ^b	47,95 ^b	0,0009
AGPI ³ (%)	6,52 ^b	6,07 ^b	7,44 ^b	9,44 ^a	9,43 ^a	9,16 ^a	<0,0001
<i>n</i> -6 (%)	5,48 ^b	5,73 ^b	6,23 ^{ab}	7,28 ^a	7,38 ^a	7,58 ^a	0,0461
<i>n</i> -3 (%)	0,90 ^b	1,02 ^b	1,02 ^b	1,53 ^a	1,49 ^a	1,31 ^a	<0,0001
<i>n</i> -9 (%)	43,23	43,70	42,50	41,58	41,42	42,36	0,0675
<i>n</i> -6/ <i>n</i> -3	6,13 ^a	5,97 ^a	6,14 ^a	5,25 ^b	5,22 ^b	5,77 ^{ab}	0,0142
AGPI/AGS	0,16 ^b	0,14 ^b	0,18 ^{ab}	0,21 ^a	0,22 ^a	0,22 ^a	0,0011

¹Ácidos graxos saturados, ²Ácidos graxos monoinsaturados, ³Ácidos graxos poliinsaturados

O somatório dos ácidos graxos polinsaturados (AGPI) foi maior ($P < 0,05$) no músculo *Longissimus dorsi* dos bovinos alimentados com dietas à base de cana-de-açúcar independente da proporção de volumoso oferecida (Tabela 6). Desse modo, pode-se observar que as diferenças encontradas para o somatório de AGMI entre as

dietas à base de silagem de milho e cana-de-açúcar se devem a maior percentagem dos ácidos graxos poliinsaturados no músculo *Longissimus dorsi* de bovinos alimentados com cana-de-açúcar.

Na carne bovina busca-se aumentar a percentagem de AGPI devido às atribuições positivas que eles apresentam à saúde humana (Pensel, 1998). Entretanto, esse aumento torna-se difícil, uma vez que, os alimentos ricos em AGPI fornecidos aos ruminantes são transformados em AGMI e/ou AGS no rúmen pelas bactérias ruminais no processo de biohidrogenação ruminal (Griinari et al., 2000). Dessa forma, o aumento proporcionado pelas dietas com cana-de-açúcar como volumoso pode ser uma alternativa válida quando se objetiva a modulação do perfil de ácidos graxos em bovinos.

O somatório dos ácidos graxos da classe ômega 6 ($n-6$) foi maior ($P<0,05$) no músculo *Longissimus dorsi* de bovinos alimentados a base de cana-de-açúcar independente da proporção volumoso fornecida e para os animais alimentados a base de silagem de milho na proporção 40:60 (Tabela 6). Embora os valores observados para a última dieta citada tenham sido similares ($P>0,05$) aos das demais dietas à base de silagem de milho.

O somatório dos ácidos graxos da classe ômega 3 ($n-3$) foi maior ($P<0,05$) para o músculo *Longissimus dorsi* de bovinos alimentados com dietas contendo cana-de-açúcar independente da proporção de volumoso oferecida (Tabela 6). Demonstrando assim, que bovinos alimentados com dietas contendo cana-de-açúcar apresentam melhor perfil de ácidos graxos no que se refere aos ácidos graxos ômega 3.

A relação $n-6/n-3$ foi menor ($P<0,05$) no músculo *Longissimus dorsi* dos bovinos alimentados a base de cana-de-açúcar, com exceção do valor observado para a dieta na

proporção 40:60 que foi similar ($P>0,05$) às dietas contendo silagem de milho (Tabela 6).

A carne bovina apresenta baixos valores de ácidos graxos da classe $n-3$ em relação, por exemplo, à carne de peixes (Demirezen & Kadiriye, 2006). Esse baixo somatório faz com que a razão $n-6/n-3$ do músculo *Longissimus dorsi* de bovinos, na maioria das vezes, esteja fora do recomendado pelo English Department of Health (HSMO, 1994). A recomendação do HSMO (1994) é que a razão $n-6/n-3$ seja menor ou igual a 4. A razão fora do ideal para $n-6/n-3$ é um fator de risco para o surgimento de câncer e doenças coronárias, especialmente na formação de coágulos sanguíneos que podem levar a um ataque cardíaco (Enser et al., 2001). Embora nenhuma dieta avaliada tenha obtido o valor considerado ideal para a razão $n-6/n-3$, as dietas à base de cana-de-açúcar foram as que apresentaram os melhores valores.

A razão AGPI/AGS foi maior ($P<0,05$) no músculo *Longissimus dorsi* de bovinos alimentados com dietas a base de cana-de-açúcar independente da proporção volumoso fornecida em relação aos alimentados com silagem de milho para a proporção 60:40 e para a dieta reversa (Tabela 6). O HSMO (1994) recomenda como razão ideal, valores acima de 0,45. Nos últimos anos, vários trabalhos (Prado et al., 2008a; b; c; d) objetivaram melhorar a razão AGPI/AGS no sistema de produção de bovinos, uma vez que a população está alterando seus hábitos alimentares e a procura por alimentos mais saudáveis é cada vez mais frequente (McNeill et al., 2012). Pesquisadores têm focado o tipo de AGPI e o balanço na dieta entre os ácidos graxos $n-3$, formados a partir do ácido linolênico (C 18:3) e $n-6$, formados a partir do ácido graxo linoléico (C 18:2) (Williams, 2000).

Quantificação de ácidos graxos

Não houve diferença ($P > 0,05$) para a quantidade (mg/g gordura) do ácido graxo C 12:0 entre as diferentes dietas avaliadas (Tabela 7).

A quantidade (mg/g gordura) do ácido graxo C 18:2 *n*-6 c foi maior ($P < 0,05$) para as dietas a base de cana-de-açúcar na proporção 60:40 e na dieta reversa 60:40 – 40:60. Valores intermediários ($P < 0,05$) foram observados no músculo *Longissimus dorsi* de bovinos alimentados a base de silagem de milho e cana-de-açúcar na proporção 40:60. Os menores ($P < 0,05$) valores para esse ácido graxo foram observados para os bovinos alimentados com dietas contendo silagem de milho na proporção 60:40 e na dieta reversa 60:40 – 40:60 (Tabela 7).

A quantidade (mg/g gordura) do ácido graxo C 18:3 *n*-3 foi maior ($P < 0,05$) para os bovinos alimentados com dietas à base de cana-de-açúcar independente da proporção de volumoso utilizada (Tabela 7). No entanto, o conteúdo do ácido graxo C 18:2 c 9 t 11 foi maior ($P < 0,05$) apenas para os animais que receberam maior quantidade de cana-de-açúcar como volumoso (60:40 e a dieta reversa 60:40 – 40:60), mostrando assim, que parece haver relação para esse ácido graxo com o tipo e a quantidade de volumoso ingerido.

Maiores ($P < 0,05$) valores foram observados para o conteúdo do ácido graxo C 20:4 *n*-6 para o músculo *Longissimus dorsi* de bovinos alimentados com cana-de-açúcar independente da proporção de volumoso usada (Tabela 7).

As concentrações (mg/g gordura) dos ácidos graxos C 20:3 *n*-3 e C 20:5 *n*-3 foram maiores ($P < 0,05$) para o músculo *Longissimus dorsi* de bovinos alimentados com cana-de-açúcar na proporção 60:40 e na dieta inversa 60:40 – 40:60 (Tabela 7). Dessa forma, bovinos alimentados com maior proporção de volumoso, sendo esse volumoso a cana-de-açúcar ou que receberam maior proporção desse volumoso por certo período de

tempo, apresentaram uma melhor composição em ácidos graxos benéficos à saúde humana em relação aos bovinos alimentados com silagem de milho ou que receberam maior proporção de concentrado, mesmo recebendo cana-de-açúcar como volumoso.

Tabela 7 – Quantificação de ácidos graxos (mg/g gordura) do músculo *Longissimus dorsi* de bovinos Holandês × Zebu alimentados com silagem de milho ou cana-de-açúcar em diferentes proporções

Ácidos graxos	Dietas						Valor - P
	Silagem de milho			Cana-de-açúcar			
	60:40	60:40 40:60	40:60	60:40	60:40 40:60	40:60	
C 12:0	0,36	0,38	0,41	0,39	0,36	0,35	0,5384
C 18:2 <i>n</i> -6 <i>c</i>	35,60 ^c	34,15 ^c	43,21 ^b	54,70 ^a	52,46 ^a	46,44 ^b	<0,0001
C 18:3 <i>n</i> -3	2,96 ^b	3,30 ^b	3,33 ^b	4,78 ^a	4,81 ^a	4,84 ^a	<0,0001
C 18:2 <i>c</i> 9 <i>t</i> 11	1,12 ^c	1,31 ^{bc}	1,52 ^b	2,11 ^a	1,95 ^a	1,44 ^b	0,0002
C 20:4 <i>n</i> -6	10,29 ^b	9,20 ^c	11,05 ^b	15,91 ^a	15,12 ^a	15,03 ^a	0,0001
C 20:3 <i>n</i> -3	0,24 ^b	0,23 ^b	0,25 ^b	0,46 ^a	0,51 ^a	0,33 ^b	0,0001
C 20:5 <i>n</i> -3	3,59 ^c	2,72 ^c	3,71 ^c	6,10 ^a	5,47 ^a	4,86 ^b	<0,0001

Conclusões

A composição química do músculo *Longissimus dorsi* não é influenciada pelo volumoso oferecido (silagem de milho ou cana-de-açúcar) independente da relação volumoso concentrado utilizada. No entanto, bovinos alimentados com cana-de-açúcar, como volumoso, apresentam melhor perfil de ácidos graxos em relação aos animais alimentados com silagem de milho, com quantidade maior de ácidos graxos essenciais e estritamente essenciais, principalmente da classe ômega 3. Além disso, os bovinos alimentados com cana-de-açúcar com 60% de volumoso apresentam maior quantidade de CLA no músculo *Longissimus dorsi*, sugerindo assim, ser uma carne mais saudável ao consumo humano.

Referências

- AOAC. **Official Methods of Analysis of AOAC International** (6th ed.). Association of Official Analytical Chemists, Arlington, 1998.
- BAUMAN, D.E.; BAUMGARD, L.H.; CORL, B.A.; GRINARI, J.M. Biosynthesis of conjugated linoleic acid in ruminant. 1999. **Proceedings of the American Society of Animal Science** www.asas.org/JAS/sysposia/proceedings/0937.pdf .
- BLIGH, E. G., & DYER, W. J. A rapid method of total lipid extraction and purification. **Canadian Journal of Biochemistry and Physiology**, v.3, p.911–917, 1959.
- CAMPBELL, M.K. **Biochemistry** (2nd ed.). Mount Holyoko College. Saunders College Publishing. Harcourt Brace College Publishers, 1995. 752p.
- CORAZZIN, M.; BOVOLenta, S.; SEPULCRI, A.; PIASANTIER, E. Effect of whole linseed addition on meat production and quality of Italian Simmental and Holstein young bulls. **Meat Science**, v. 90, p.99-105, 2012.
- DECKER, E.A. & PARK, Y. Healthier meat products as functional foods. **Meat Science**, v.86, p.49-55, 2010.
- DEMIREZEN D. & KADIRIYE, U. Comparative study of trace elements in certain fish, meat and meat products. **Meat Science**, v.74, p.255-260, 2006.
- ENSER, M.; SCOLLAN, N.; GULATI, S. The effects of ruminally-protected dietary lipid on the lipid composition and quality of beef muscle. **Proceedings of 47th International Congress Meat Science Technology**, v.1, p.12-13, 2001.
- FERNANDES, A.R.M.; SAMPAIO, A.A.M.; HENRIQUE, W.; TULLIO, R.R.; OLIVEIRA, E.A.; SILVA, T.M. Composição química e perfil de ácidos graxos de bovinos de diferentes condições sexuais recebendo silagem de milho e concentrado ou cana-de-açúcar e concentrado contendo grãos de girassol. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, p.705-712, 2009.

GRIINARI, J.M.; CORL, B.A.; LACY, S.H. Conjugated linoleic acid is synthesized endogenously in lactating dairy cows by delta 9 desaturase. **Journal of Nutrition**, v.130, , p.2285-2291, 2000.

HMSO – England English Department of Health. **Nutritional aspects of cardiovascular disease**: HMSO, 1994. p. 37-46. (Report on Health and Social Subjects, 46).

ISO – International Organization for Standardization. **Animal and vegetable fats and oils** – Preparation of methyl esters of fatty acids. ISO 5509, p.01–06, 1978.

KATAN, M.B.; ZOCK, P.L.; MENSINK, R.P. Effects of fats and fatty acid on blood lipids in humans: on review. **American Journal of Clinical Nutrition**, v.60 (Suppl. 1), p.1017-1022, 1994.

KRAMER, J.K.G.; PARODI, P.W.; JENSEN, R.G.; MOSSOBA, M.M.; YURAWECZ, M.P.; ADLOF, R.O. Rumenic acid: a proposed common name for the major conjugated linoleic acid isomer found in natural products. **Lipids**, v.33, p.835, 1998.

KWITEROVICH, P.O. The effect of dietary fat, antioxidants, and pro-oxidants on blood lipids, lipoproteins, and atherosclerosis. **Journal of American Dietary Association**, v.97 (Supl. 7), p.31-41, 1997.

LARSOON, S.C. & WOLK, A. Meat consumption and risk of colorectal cancer: A meta-analysis of prospective studies. **International Journal of Cancer**, v.119, p.2657-2664, 2006.

MAGGIONI, D.; MARQUES, J.A.; PEROTTO, D.; ROTTA, P.P.; DUCATTI, T.; MATSUSHITA, M.; SILVA, R.R.; PRADO, I.N. Bermuda grass hay or sorghum silage with or without yeast addition on performance and carcass characteristics of crossbred young bulls finished in feedlot. **Asian-Australasian Journal of Animal**

- Science**, v.22, n.2, p.206-215, 2009.
- McGUIRE, M.A. & McGUIRE, M.K. Conjugated linoleic acid (CLA): a ruminant fatty acid with beneficial effects on human health. 1999. **Proceedings of the American Society of Animal Science** www.asas.org/JAS/symposia/proceedings/0938.pdf.
- McNEILL, S.H.; HARRIS, K.; FIELD, T.G.; VAN ELSWYK, M.E. The evolution of lean beef: Identifying lean beef in today's U.S. marketplace. **Meat Science**, v.90, p.1-8, 2012.
- NATIONAL FORAGE TESTING ASSOCIATION. **Laboratory dry matter by microwave drying to constant weight**. In: Forage analyses procedures. 1993.
- NOCI, F.; O'KIELY, P.; MONAHAN, F.J.; STANTON, C.; MOLONEY, A.P. Conjugated linoleic acid concentrations in *M. Longissimus dorsi* from heifers offered sunflower oil-based concentrated and conserved forages. **Meat Science**, v.69, p.509-518, 2005.
- NORAT, T. & RIBOLI, E. Meat consumption and colorectal cancer: A review of epidemiologic evidence. **Nutrition Reviews**, v.59, p.37-47, 2001.
- OLIVEIRA, E.A.; SAMPAIO, A.A.M.; HENRIQUE, W.; PIVARO, T.M.; ROSA, B.L.; FERNANDES, A.R.M.; ANDRADE, A.T. Quality traits and lipid composition of meat from Nelore young bulls fed with different oils either protected or unprotected from rumen degradation. **Meat Science**, v.90, p.28-35, 2012.
- PARK Y. & PARIZA, M.W. Mechanisms of body fat modulation by conjugated linoleic acid (CLA). **Food Research International**, p.40311-40323, 2007.
- PENSEL, N. The future of meat in human diets. **Nutrition Abstracts Review**, v.68, p.1-4, 1998.

- PRADO, I.N.; ITO, R.H.; PRADO, J.M.; PRADO, I.M.; ROTTA, P.P.; MATSUSHITA, M.; VISENTAINER, J.V.; SILVA, R.R. The influence of dietary soyabean and linseed on the chemical composition and fatty acid profile of the *Longissimus dorsi* muscle of feedlot-finished bulls. **Journal of Animal and Feed Sciences**, v.17, p.307-317, 2008a
- PRADO, I.N.; PRADO, R.M.; ROTTA, P.P.; VISENTAINER, J.V.; MOLETTA, J.L.; PEROTTO, D. Carcass characteristics and chemical composition of the *Longissimus dorsi* muscle of crossbred bulls (*Bos taurus indicus* vs *Bos taurus taurus*) finished in feedlot. **Journal of Animal and Feed Sciences**, v.17, p.295-306, 2008b.
- PRADO, I.N.; ROTTA, P.P.; PRADO, R.M.; VISENTAINER, J.V.; MOLETTA, J.L.; PEROTTO, D. Carcass characteristics and chemical composition of the *Longissimus* muscle of Purunã and ½ Puruna × ½ Canchin bulls. **Asian-Australasian Journal of Animal Science**, v.21, p.1296-1302, 2008c.
- PRADO, I.N.; ARICETTI, J.A.; ROTTA, P.P.; PRADO, R.M.; PEROTTO, D.; VISENTAINER, J.V.; MATSUSHITA, M. Carcass characteristics, chemical composition and fatty acid profile of the *Longissimus dorsi* muscle of bulls (*Bos taurus indicus* vs. *Bos taurus taurus*) finished in pasture systems. **Asian-Australasian Journal of Animal Science**, v.21, p.1449-1457, 2008d.
- ROTTA, P. P.; PRADO, R. M.; PRADO, I. N.; VALERO, M. V.; VISENTAINER, J. V.; SILVA, R. R. The effects of genetic groups, nutrition, finishing systems and gender of Brazilian cattle on carcass characteristics and beef composition and appearance: a review. **Asian Australasian Journal of Animal Science**, v.22, p.1718-1734, 2009a.
- ROTTA, P.P.; PRADO, I.N.; PRADO, R.M. et al. Carcass characteristics and chemical

- composition of the *Longissimus dorsi* muscle of Nellore, Caracu and Holstein-friesian bulls finished in feedlot. **Asian-Australasian Journal of Animal Science**, v.22, p.598-604, 2009b.
- RULE, D.C.; MACNEIL, M.D; SHORT, R.E. Influence of sire growth potential, time on feed, and growing-finishing strategy on cholesterol and fatty acids of ground carcass and *Longissimus dorsi* muscle of beef steers. **Journal of Animal Science**, v.75, p.1525-1533, 1997.
- SCARBOROUGH, P.; ALLENDER, S.; RAYNER, M.; GOLDACRE, M. Validation of model-based estimates (synthetic estimates) of the prevalence of risk factors for coronary heart disease for wards in English. **Meat Science**, v.15, p.596-605, 2009.
- SEÇKIN, A.K.; GURSOY, R.; KINIK, O.; AKBULUT, N. Conjugated linoleic acid (CLA) concentration, fatty acid composition and cholesterol content of some Turkish dairy products. **LWT**, v.38, p.909-915, 2005.
- SMITH, W. L. Nutritionally essential fatty acids and biologically indispensable cyclooxygenases. **Trends in Biochemical Sciences**, v.33, p.27-37, 2007
- SOUZA, N.E. & VISENTAINER, J.V. Colesterol da mesa ao corpo. 1ª ed. Maringá, 2006. 85p.
- 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 : UFV, Suprema Gráfica Ltda. 2010, 193p.
- VALERO, M.V.; ZAWADZKI, F.; FRANÇOSO, M.C.; FARIAS, M.S.; ROTTA, P.P.; PRADO.I.N.; VISENTAINER, J.V.; ZEOULA, L.M. Sodium monensin or propolis extract in the diet of crossbred (1/2 Red Angus vs. Nellore) bulls finished in feedlot: chemical composition and fatty acid profile of *Longissimus* muscle. **Semina**, v.32, p.1617-1626, 2011.

- VAN WEZEMAEL, L.; UELAND, O.; RODBOTTEN, R.; SMET, S. SCHOLDERER
J. VERBEKE, W. The effect of technology information on consumer expectations
and liking of beef. **Meat Science**, v.90, p. 445-450, 2012.
- VISENTAINER, J.V. & FRANCO, M.R.B. **Ácidos graxos em óleos e gorduras:
identificação e quantificação**. 1ª ed. Maringá, 2006. 120p.
- WEBB, E.C. & CASEY, N.H. Influence of dietary presentation on the composition of
fatty acids and sensory characteristics of meat from weathers. **South African
Journal of Food Science Nutrition**, v.9, p.69–76, 1997.
- WEBB, E.C. Manipulating beef quality through feeding. **South African Journal of
Food Science Nutrition**, v.7, p.1-24, 2006.
- WILLIAMS, C.M. Dietary fatty acids and human health. **Annales Zootechnie**, v.49,
p.165-180, 2000.
- WOOD, J.D.; RICHARDSON, R.I.; NUTE, G.R. ; FISHER, A.V. ; CAMPO, M.M. ;
KASAPIDOU, E. ; SHEARD, P.R. ; ENSER, M. Effects of fatty acids on meat
quality: a review. **Meat Science**, v.66, p.21-32, 2003.
- ZAWADZKI, F.; PRADO, I.N.; MARQUES, J.A.; ZEOULA, L.M.; ROTTA, P.P.;
SESTARI, B.; VALERO, M.V.; RIVAROLI, D.C. Sodium monensin or propolis
extract in the diets of feedlot-finished bulls: effects on animal performance and
carcass characteristics. **Journal of Animal and Feed Sciences**, v.20, p.16-25,
2011.

Capítulo 4

Locais de coleta da digesta e sistema de indicadores para a estimativa do fluxo ruminal em bovinos alimentados com silagem de milho ou cana-de-açúcar em diferentes proporções

Resumo - Objetivou-se avaliar os fluxos e as digestibilidades ruminais e intestinais da matéria seca e dos componentes da digesta em bovinos, realizando a coleta da digesta em três locais (abomaso, omaso ou retículo), avaliando-se três sistemas de indicadores (único, duplo ou triplo), sendo os animais alimentados com silagem de milho ou cana-de-açúcar em duas proporções. Foram utilizados oito bovinos cruzados (Holandês × Zebu), não castrados, fistulados no rúmen e no abomaso, com idade média de 24 meses e peso médio de $353 \pm 36,94$ kg, distribuídos em dois quadrados latinos 4×4 , balanceados para efeitos residuais. As dietas experimentais foram: 1) 60% de silagem de milho + 40% de concentrado; 2) 40% de silagem de milho + 60% de concentrado; 3) 60% de cana-de-açúcar *in natura* + 40% de concentrado e 4) 40% de cana-de-açúcar *in natura* + 60% de concentrado. Foram realizadas oito coletas de digesta abomasal, omasal e reticular em intervalos de nove horas durante três dias. Ao final de cada período experimental, uma amostra composta foi feita por animal e em seguida essas amostras foram destinadas aos três sistemas de indicadores estudados (sistema único: amostra sem separação; sistema duplo: amostra filtrada; e sistema triplo: amostra filtrada e centrifugada). A composição da digesta reticular diferiu ($P < 0,0001$) das demais quanto às percentagens de extrato etéreo (EE), fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína bruta (FDN_{cp}) e fibra em detergente neutro indigestível (FDN_i). As digestas abomasal e omasal apresentaram similaridade ($P > 0,05$) para as estimativas de fluxo e das digestibilidades ruminais da matéria seca (MS), matéria orgânica (MO) e FDN_{cp}. Do mesmo modo, as digestas abomasal e omasal foram similares ($P > 0,05$) para as estimativas das digestibilidades ruminais da proteína bruta (PB). Ainda, para as estimativas das digestibilidades intestinais, as amostras coletadas no abomaso e no omaso apresentaram valores similares ($P > 0,05$) para MO, PB e FDN_{cp}. Dessa forma, recomenda-se a realização da coleta da digesta omasal como alternativa à coleta de digesta abomasal. Baseado na ausência de diferenças entre os sistemas de indicadores para a digestão ruminal e intestinal da FDN_{cp} e para a digestão intestinal da PB, pode ser recomendado o uso de qualquer sistema de indicadores.

Contudo, baseando-se que há apenas pequenas diferenças para os fluxos e digestões estimados com os sistemas de indicador duplo e triplo, recomenda-se a utilização do sistema de indicador duplo (FDNi e Co-EDTA), que pode ser acessível para qualquer instituição de pesquisa devido ao baixo custo.

Palavras-chave: digesta abomasal, digesta omasal, digesta reticular, digestibilidade intestinal, digestibilidade ruminal

Local sampling of digesta and marker systems to estimate the rumen outflow in bulls fed with corn silage ou sugar cane in two ratios

Abstract - The aim of this study was to evaluate the rumen outflow and the rumen and intestinal digestibilities of dry matter and digesta components in crossbred bulls by use of sampling in three places (abomasum, omasum or reticulum) evaluating three marker systems (single, double or triple) with bulls feeding corn silage or sugar cane in different ratios. Eight crossbred bulls fitted with ruminal and abomasal cannulas and with 24 months, weighting 353 ± 36.94 kg were separated in two 4×4 Latin squares design. The experimental diets were: 1) 60% of corn silage + 40% of concentrate; 2) 40% of corn silage and 60% of concentrate; 3) 60% of sugar cane + 40% of concentrate; 4) 40% of sugar cane + 60% of concentrate. Eight digestas sampling were realized in each experimental period with intervals of nine hours. At the end of each experimental period it was realized a sample pool and the samples were appointed to the three marker systems (single system: sample without separation; double system: filtered sample; and triple system: filtered and centrifuged sample). The whole reticular digesta composition was different ($P < 0.0001$) in comparasion with the others to ether extract (EE), neutral detergente fibrer (NDF) and indigestible NDF. The digestas sampled at the abomasum and omasum presented similar ($P < 0.05$) values to rumen outflow to dry matter (DM), organic matter (OM) and NDF. Similarly, the abomasal and omasal digestas were similar ($P > 0.05$) to estimate of ruminal digestibility of DM, OM, crude protein (CP) and NDF. Digestas sampled at abomasum and omasum presented similar ($P > 0.05$) values to estimations of intestinal digestibility of OM, CP and NDF. The omasal sampling is recommended as an alternative to abomasal sampling. Because no difference among the marker systems to ruminal and intestinal digestion for NDF and intestinal digestion for CP, any marker systems can be used. Thus, whereas that there are few differences to rumen outflow and digestions by estimating with double and triple marker systems, it is recommended the use of double marker system (indigestible NDF and Co-EDTA), that can be accessible to any research center.

Keywords: abomasal digesta, intestinal digestibility, omasal digesta, reticular digesta, rumen digestibility

Introdução

O conhecimento das mudanças digestivas dos nutrientes que ocorre nos diferentes compartimentos do trato digestório dos animais ruminantes pode explicar diferenças encontradas no desempenho animal (Harmon & Richards, 1997; Titgemeyer, 1997). Dessa forma, estudos mais detalhados a respeito da digestão dos nutrientes tornam-se necessários para que se possa inferir sobre determinada dieta.

No entanto, alguns entraves são observados para a realização desses estudos. O local da coleta da digesta para estimar o fluxo ruminal, bem como o sistema de indicadores a ser utilizado são alguns exemplos. A maior parte dos estudos utiliza a coleta da digesta no abomaso ou no duodeno (Pritchard & Males, 1985; Siddons et al., 1985; Oldick et al., 1999; Crawford et al., 2008).

Contudo, o desvio incompleto do fluxo da digesta e as secreções metabólicas que ocorrem no abomaso estão entre os problemas associados a esse local de coleta (Harmon & Richards, 1997; Huhtanen et al., 1997). Além disso, animais fistulados no abomaso ou no duodeno necessitam de cuidados especiais devido a esse tipo de fístula apresentar maiores complicações e diminuir o tempo em que o animal permanece nos experimentos (Harmon & Richards, 1997). Dessa forma, estudos de locais que possam substituir o abomaso ou o duodeno para a coleta da digesta tornam-se necessários para que as pesquisas possam ser realizadas de forma mais eficiente e sem comprometer o bem estar animal.

A coleta da digesta omasal começou a ser estudada na década de 1960 (Ash, 1962) mas apenas no final da década de 1990 que Huhtanen et al. (1997) conseguiram coletar a digesta omasal a partir da fístula ruminal. Um problema da coleta da digesta omasal se refere à utilização de bomba a vácuo que pode danificar as folhas omasais. Assim, recentes pesquisas vêm sendo realizadas com o objetivo de coletar a digesta

reticular para estimar o fluxo ruminal (Ahvenjarvi et al., 2000; Hristov, 2007; Kriszan et al., 2010).

De acordo com Dardillat & Baumont (1992), a composição da digesta reticular é consistente e as partículas encontradas no retículo provavelmente são as que deixarão o rúmen (McBride et al., 1984). Dessa forma, a digesta coletada no retículo poderia ser utilizada para estimar o fluxo ruminal, utilizando-se também a fístula ruminal.

Além do local mais adequado para realizar a coleta da digesta, outro ponto importante é o sistema de indicadores a ser utilizado. No Brasil, a maior parte dos estudos utiliza o sistema único de indicador (Menezes et al., 2011). No entanto, vários estudos (Ortiguez et al., 1990; Owens & Hanson, 1992; Ahvenjarvi et al., 2003; Hristov, 2007; Kriszan et al., 2010) enfatizam a necessidade da utilização do sistema de indicador triplo, ou seja, além do indicador interno, que na maioria das vezes é a FDNi, há também a utilização de mais dois indicadores externos. A maior parte desses estudos utiliza o cobalto e o itérbio como indicadores externos (Siddons et al., 1985; Brito et al., 2006; Hristov, 2007; Kriszan et al., 2010). No entanto, a utilização do sistema de indicador triplo aumenta os custos da pesquisa e em alguns casos, torna-se inviável a sua utilização.

Hristov (2007) observou que a digesta reticular pode substituir a digesta coletada no duodeno; no entanto sugeriu mais pesquisas com a utilização de diferentes volumosos e níveis de concentrado para que seja verificado se o tipo de dieta poderia alterar a estimativa do fluxo ruminal obtida nesse local de coleta. Assim, objetivou-se avaliar os fluxos e as digestibilidades ruminais e intestinais da matéria seca e dos componentes da digesta em bovinos cruzados Holandês × Zebu, realizando a coleta da digesta em três locais (abomaso, omaso ou retículo), utilizando três sistemas de

indicadores (único, duplo ou triplo), sendo os animais alimentados com silagem de milho ou cana-de-açúcar em diferentes proporções.

Material e Métodos

Manejo animal, delineamento experimental e dietas

O experimento foi conduzido no Confinamento Animal do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa (Viçosa – MG). Oito bovinos cruzados Holandês × Zebu, não castrados, com idade média de 24 meses e peso médio de 353±36 kg, foram utilizados em dois quadrados latinos 4 × 4 balanceados para efeitos residuais.

Os animais foram inicialmente identificados e tratados contra ecto e endoparasitas. Em seguida, os animais foram fistulados no rúmen e no abomaso e permaneceram 30 dias para adaptação às instalações e recuperação das cirurgias. Durante o período de adaptação, os animais receberam dieta à base de silagem de milho e cana-de-açúcar *in natura* triturada, *ad libitum*, e 2 kg de concentrado com 200 g/kg de proteína bruta ao dia.

Quatro dietas experimentais, três locais de coleta de digesta e três sistemas de indicadores foram estudados para estimar os fluxos e as digestibilidades ruminais e intestinais da matéria seca e dos componentes da digesta. As dietas experimentais foram: 1) 60% de silagem de milho + 40% de concentrado; 2) 40% de silagem de milho + 60% de concentrado; 3) 60% de cana-de-açúcar *in natura* + 40% de concentrado e 4) 40% de cana-de-açúcar *in natura* + 60% de concentrado.

A silagem de milho foi coletada no silo tipo trincheira uma hora antes do fornecimento aos animais e a cana-de-açúcar (planta inteira) foi triturada diariamente antes do arração. A silagem de milho e a cana-de-açúcar tiveram a matéria seca avaliada diariamente para ajuste da quantidade fornecida aos animais de concentrado e

ureia + sulfato de amônio. Foi utilizada uma mistura de ureia + sulfato de amônio (9:1) para elevar os teores de proteína bruta dos volumosos para 120 g/kg. A avaliação diária do teor de matéria seca foi realizada em duplicada, utilizando um forno microondas convencional, de acordo com as recomendações da National Forage Testing Association (1993).

A composição química dos alimentos utilizados nas dietas experimentais está apresentada na Tabela 1.

Tabela 1 - Composição química dos alimentos utilizados nas dietas experimentais

Alimentos	MS ¹	MO ²	PB ³	EE ⁴	FDNcp ⁵	CNF ⁶	FDNi ⁷
	g/kg						
Silagem de milho	300,8	947,1	65,7	32,44	515,70	333,30	140,20
Cana-de-açúcar	281,6	973,8	28,3	15,76	458,70	471,04	222,06
Milho	901,9	989,4	94,8	35,70	144,40	714,50	1,71
Farelo de soja	875,0	951,8	528,0	14,80	124,20	284,80	0,64
Mistura mineral	975,4	160,0	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00
Sal comum	933,1	114,9	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00
Ureia + sulfato de amônio	950,6	984,9	2630,8	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

O concentrado utilizado em todas as dietas foi constituído de 90,40% de fubá de milho; 7,90% de farelo de soja; 0,85% de mistura mineral e 0,85% de sal comum. A composição do concentrado e das dietas encontra-se na Tabela 2. As dietas experimentais foram isoprotéicas e formuladas para ganho de 1,10 kg/dia de acordo com o BR CORTE, descrito por Valadares Filho et al. (2010).

Tabela 2 - Proporções dos alimentos no concentrado e nas dietas (g/kg MS), composição do concentrado e das dietas na base da matéria seca

Itens	Concentrado	Silagem de milho		Cana-de-açúcar	
		60:40	40:60	60:40	40:60
		g/kg			
Volumoso	-	600*	400*	600 [#]	400 [#]
Milho	904,00	361,60	542,40	361,60	542,40
Farelo de soja	79,00	31,60	47,40	31,60	47,40
Mistura mineral	8,50	3,40	5,10	3,40	5,10
Sal comum	8,50	3,40	5,10	3,40	5,10
		Composição bromatológica (g/kg)			
MO ¹	973,40	957,60	962,90	973,60	962,90
PB ²	126,20	124,60	129,40	117,60	129,10
EE ³	33,50	33,00	20,60	13,20	19,80
FDN _{cp} ⁴	140,30	366,60	295,50	324,10	262,50
CNF ⁵	673,40	453,55	530,83	552,80	574,24
FDNi ⁶	3,31	97,60	75,40	144,76	106,80

*20,6 g de ureia + sulfato de amônio por kg de MS do volumoso consumido, [#]34,87 g de ureia + sulfato de amônio por kg de MS do volumoso consumido, ¹Matéria orgânica, ²Proteína bruta, ³Extrato etéreo, ⁴Fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína bruta, ⁵Carboidratos não fibrosos, ⁶Fibra em detergente neutro indigestível

O volumoso (silagem de milho ou cana-de-açúcar) foi fornecido em sua totalidade às 08h00 juntamente com a mistura ureia + sulfato de amônio e metade da quantidade diária do concentrado. Primeiramente foi feita a mistura da ureia + sulfato de amônio ao volumoso no cocho de cada animal e posteriormente o concentrado foi adicionado ao volumoso. Às 15h00, a outra metade do concentrado foi fornecida aos animais. As quantidades de volumoso, concentrado e ureia + sulfato de amônio fornecidas, bem como as sobras, foram registradas diariamente. A dieta fornecida aos animais foi ajustada para manter as sobras em torno de 5 a 10% com base na matéria natural, com água permanentemente à disposição dos mesmos.

Os volumosos e as sobras de cada animal foram amostrados após 10 dias de adaptação às dietas experimentais, sendo que as sobras foram amostradas em torno de 10% do total e posteriormente acondicionadas em freezer (-20°C). Uma amostra composta de silagem de milho, cana-de-açúcar e amostras compostas de sobras, por

período, de cada animal, foram submetidas à secagem em estufa com circulação forçada (55°C) e moídas em moinho de facas (1 e 2 mm).

Os ingredientes que compuseram o concentrado foram amostrados diretamente dos silos da fábrica de ração nos dias das misturas dos mesmos. Durante cada período experimental (16 dias), foram realizadas duas misturas dos ingredientes, uma a cada 8 dias, sendo realizada uma amostra composta por período dos ingredientes.

Ensaio de digestibilidade

Os animais foram submetidos à coleta total de fezes durante três dias consecutivos, iniciando-se no 11º dia de cada período experimental. As fezes foram coletadas diretamente no piso de concreto e colocadas em baldes previamente pesados e com tampa. Ao final de 24 horas de coleta, os baldes contendo as amostras foram pesados, as amostras de fezes foram homogeneizadas e uma amostra por dia de coleta foi acondicionada em bandejas de alumínio previamente pesadas, para secagem em estufa com ventilação forçada a 55°C durante 72 horas. Após o período de secagem, as amostras foram moídas em moinho de facas a 1 mm. Em seguida, foi feita uma amostra composta de fezes por animal, levando-se em consideração a quantidade de fezes excretada em relação ao valor de amostra seca em estufa. Essas amostras foram acondicionadas em potes plásticos para futuras análises.

Procedimentos para amostragem e preparação das amostras de digesta

Foram realizados quatro períodos experimentais com duração de 16 dias cada, sendo 10 dias destinados a adaptação à dieta experimental, três dias para as coletas de fezes e do 14º ao 16º dia de experimento foram realizadas as coletas de digesta

abomasal, omasal e reticular e a mensuração do consumo dos animais bem como amostragem das sobras e dos volumosos.

Foi realizada a infusão contínua, pela fístula ruminal, dos indicadores acetato de itérbio (2,5 g/dia de acetato de Yb ou 1,05 g/dia de Yb) e Co-EDTA (5,0 g/dia de Co-EDTA ou 0,7 g de Co), diluídos em 2,7 L de água destilada, utilizando duas bombas peristálticas, a partir do 11º dia do período experimental até a última coleta de digesta no 16º dia. A partir do 12º dia do período experimental foi incluída na solução dos indicadores, previamente relacionados, 7,03 g de sulfato de amônio enriquecido com 10% de átomos de ^{15}N [$(^{15}\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$] [Sigma Aldrich (Isotec), Miamisburg, OH], fornecendo 150 mg de ^{15}N diariamente para cada animal. A infusão do sulfato de amônio foi realizada até a última coleta de digesta e teve início ± 60 horas antes da primeira coleta de digesta, em todos os períodos experimentais, resultando assim, em distribuição uniforme do ^{15}N para incorporação do $^{15}\text{NH}_3$ no *pool* microbiano ruminal (Broderick & Merchen, 1992). Antes do início da infusão do ^{15}N , uma amostra do conteúdo ruminal foi coletada de cada animal e armazenada a -20°C para determinação do ^{15}N presente na digesta ruminal antes da infusão do mesmo.

Cada uma das bombas peristálticas possuía quatro canais, sendo portanto, utilizada uma bomba para cada quatro bovinos, e duas bombas peristálticas em cada período experimental.

Foram realizadas oito coletas de digesta abomasal, omasal e reticular com intervalo de nove horas, totalizando três dias de coletas por período experimental. Os horários das coletas foram: 0h00, 9h00, 18h00, 3h00, 12h00, 21h00, 6h00 e 15h00. A sequência da realização das coletas foi: abomaso, omaso e retículo.

A coleta da digesta abomasal foi realizada via cânula abomasal e um litro de amostra foi obtida a cada coleta.

Para a coleta de digesta omasal foi utilizada a técnica de Huhtanen et al. (1997), adaptada por Leão (2002). A coleta da digesta omasal foi realizada introduzindo-se no rúmen a extremidade de um tubo coletor, conduzindo-o em direção ao orifício retículo-omasal, até que a parte inicial ultrapassasse o referido orifício, onde foi mantido seguro manualmente durante o período da coleta. A outra extremidade do tubo coletor foi adaptada em uma das aberturas do kitassato e a mangueira da bomba a vácuo, na outra abertura do mesmo. No momento da coleta, a bomba a vácuo foi acionada, e por sucção, a digesta seguiu pela mangueira até o kitassato. Uma amostra de aproximadamente 1 L foi obtida por coleta.

A coleta da digesta reticular foi realizada com auxílio de um pote com tampa rosqueável de 250 mL que foi introduzido via rúmen com a tampa fechada e aberto no retículo; após o enchimento do pote com a digesta reticular esse foi fechado ainda no retículo e retirado para compor parte da amostra a ser coletada. Esse procedimento foi realizado quatro vezes até que se totalizasse um litro de digesta reticular por horário de coleta.

As amostras de digesta coletadas foram divididas em duas partes, sendo uma para estimar o fluxo da digesta (± 750 ml) e outra para isolamento de bactérias (± 250 ml) e foram armazenadas em potes plásticos tampados e identificadas em câmara fria a -20°C .

Ao final do período experimental, as amostras destinadas à avaliação do fluxo ruminal foram descongeladas em temperatura ambiente e compostas por animal, resultando em uma amostra de 6 L de cada uma das digestas (abomasal, omasal e reticular). Essa amostra foi dividida da seguinte maneira:

- 1 L da amostra foi destinada ao sistema de indicador único e colocada em bandeja de alumínio previamente pesada e identificada;

▪ 2 L da amostra foram filtrados em filtro de náilon a 100 µm com área de poros de 44% de superfície (Sefar Nitex 100/44, Sefar, Thal, Switzerland) obtendo assim duas fases (sistema de indicador duplo): a fase retida no filtro foi denominada fase de partículas e a fase filtrada foi denominada fase líquida. Cada fase foi acondicionada em bandejas de alumínio previamente pesadas e identificadas;

▪ 3 L da amostra foram filtrados usando filtro de náilon a 100 µm com área de poros de 44% de superfície (Sefar Nitex 100/44, Sefar, Thal, Switzerland), a fase retida no filtro foi denominada fase de grandes partículas e a fase filtrada foi centrifugada a $1.000 \times g$ por 10 minutos a 5°C. A fase sobrenadante foi denominada fase líquida e o *pellet* foi denominado fase de pequenas partículas (sistema de indicador triplo). Cada fase foi acondicionada em bandejas de alumínio previamente pesadas e identificadas.

Todas as amostras armazenadas nas bandejas de alumínio foram mantidas em ultra freezer à temperatura de -80°C e após o congelamento, as mesmas foram liofilizadas. Depois de liofilizadas, as amostras foram moídas em moinhos de faca com peneiras de crivo de 1 e 2 mm.

Após cada quatro coletas de digesta (0h00, 9h00, 18h00 e 3h00) e (12h00, 21h00h, 06h00 e 15h00), as amostras destinadas para o isolamento de bactérias foram descongeladas em temperatura ambiente e foi feita uma amostra composta de 1 L para cada animal.

O isolamento das bactérias foi realizado conforme Reynal et al. (2005) e com adaptações sugeridas por Krizsan et al. (2010). Um litro da amostra de digesta foi filtrada usando filtro de náilon a 100 µm com área de poros de 44% de superfície (Sefar Nitex 100/44, Sefar, Thal, Switzerland) e o material retido no filtro foi lavado com 800 ml de solução salina (NaCl 9 g/L). A fase retida no filtro foi guardada para isolamento das bactérias associadas às partículas (BAP). O material filtrado foi processado para o

isolamento das bactérias associadas à fase líquida (BAL). Após a centrifugação a $1.000 \times g$ por 10 minutos a 5°C , o *pellet* foi guardado para isolar BAP. O sobrenadante foi centrifugado a $11.250 \times g$ por 30 minutos a 5°C . Ao *pellet* dessa centrifugação foram adicionados 200 ml de solução tampão (McDougall, 1948), sendo esse material novamente centrifugado a $16.500 \times g$ por 20 minutos a 5°C . O *pellet* resultante dessa centrifugação, composto das BAL foi liofilizado.

Para isolar BAP, 700 ml de solução salina a 0,90% (peso/volume) com 0,10% de Tween 80 (volume/volume) foram adicionados a potes contendo as amostras anteriormente citadas, que foram homogeneizadas durante 30 segundos e armazenadas em geladeira a 4°C por 12 horas para posteriores centrifugações. Após as 12 horas, as amostras foram filtradas usando filtro de náilon a $100 \mu\text{m}$ com área de poros de 44% de superfície (Sefar Nitex 100/44, Sefar, Thal, Switzerland). O filtrado foi centrifugado a $1.000 \times g$ por 10 minutos a 5°C . Em seguida, o sobrenadante foi centrifugado a $11.250 \times g$ por 30 minutos a 5°C ; e ao *pellet* resultante dessa centrifugação, foram adicionados 200 mL de solução tampão de McDougall e recentrifugado a $16.250 \times g$ por 20 minutos a 5°C . O *pellet* (BAP) dessa última centrifugação foi submetido à liofilização.

Após a liofilização, foi elaborada uma amostra composta por animal para BAL e BAP, respectivamente, usando as duas amostras obtidas por período e por animal. Posteriormente, essas amostras foram armazenadas para posteriores análises de matéria seca, matéria mineral, nitrogênio total e ^{15}N .

FDNi e análises químicas

A concentração de FDNi foi quantificada em triplicata para as amostras de digesta abomasal, omasal e reticular (1 fase, 2 fases – partículas e 3 fases – grandes partículas e pequenas partículas) e para as amostras de sobras e alimentos que compuseram as dietas

experimentais. As amostras utilizadas para a determinação da FDNi foram moídas em moinho de facas a 2 mm. Foi utilizada 1 g de amostra para a análise e sacos F57 (Ankom[®]) previamente pesados. Os sacos com as amostras foram incubados por 288 horas no rúmen de bovinos (Valente et al., 2011). Depois de removidos do rúmen, os sacos foram lavados com água e secos a 55°C por 48 horas. Em seguida foi realizada análise de FDN em um aparelho analisador de fibra Ankom 200/220 (Ankom Technology Corp., Fairport, NY).

As amostras de digesta, após liofilizadas, foram moídas em moinho de facas a 1 mm e quantificadas quanto aos teores de matéria seca (MS), matéria mineral (MM), nitrogênio total e extrato etéreo (EE), conforme Silva & Queiroz (2002). A proteína bruta (PB) foi obtida pelo produto entre o nitrogênio total e o fator de 6,25. O teor de fibra em detergente neutro (FDN) foi obtido de acordo com Mertens (2002). Nas análises de farelo de soja foi acrescentado sulfito de sódio (Undersanter et al., 1993) a fim de reduzir a retenção do conteúdo protéico. O sistema Ankom[®] foi utilizado para as avaliações de FDN, adicionando-se α -amilase termoestável. O material TNT (100 g/m²) foi utilizado para as extrações. O teor de FDN foi corrigido para cinzas e proteína bruta em todas as amostras.

Os carboidratos não fibrosos (CNF) foram calculados como proposto por Detmann & Valadares Filho (2010), em que $CNF = 1000 - [(g/kg PB - g/kg PB \text{ derivado da ureia} + g/kg \text{ ureia}) + g/kg FDN_{cp} + g/kg EE + g/kg MM]$.

As análises de cobalto e itérbio foram realizadas por leitura em espectrofotômetro de absorção atômica, conforme método descrito por Williams et al. (1962).

A mensuração do enriquecimento com átomos de ¹⁵N foi realizada, utilizando-se espectrofotômetro de massa. Amostras de digesta e bactéria, contendo aproximadamente 100 µg de N foram pesadas e acondicionadas em capsulas de 5 × 8 mm para posteriores

leituras. As proporções dos isotópos estáveis do mesmo elemento químico ($^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$) foram avaliadas na terminologia delta por mil em relação ao padrão internacional e foram convertidos para percentagem de átomos em excesso. O valor obtido para as amostras sem enriquecimento com átomos de ^{15}N foi de 0,3680.

Cálculos

Os fluxos de matéria seca e dos componentes da digesta abomasal, omasal e reticular foram estimados utilizando os sistemas de indicadores único, duplo ou triplo (France & Siddons, 1986).

Para o sistema de indicador único foi utilizada a amostra da digesta sem separações e a FDNi como indicador.

Para o sistema de indicador duplo foram utilizados os indicadores FDNi para a fase de partículas e o Co-EDTA para a fase líquida, de acordo com France & Siddons (1986).

Para o sistema de indicador triplo, o fluxo da digesta foi estimado como descrito por France & Siddons (1986). A FDNi (Huhtanen et al., 1994; Ahvenjarvi et al., 2003) foi utilizada para a fase de grandes partículas, o acetato de itérbio (Siddons et al., 1985) para a fase de pequenas partículas e o Co-EDTA (Úden et al., 1980) para a fase líquida. Assim, esses três indicadores foram usados em conjunto para calcular o fluxo de matéria seca e dos componentes da digesta.

Para o cálculo do sistema de indicador duplo, as concentrações dos indicadores nas diferentes fases da digesta foram utilizadas como base para o cálculo do fator de reconstituição (FR).

Do mesmo modo, para o sistema de indicador triplo, as concentrações dos indicadores nas diferentes fases da digesta, foram utilizadas como base para o cálculo

dos fatores de reconstituição (FRs). Os FRs para as fases de pequenas e grandes partículas foram utilizados para reconstituir matematicamente a composição das digestas abomasal, omasal e reticular. Os FRs indicam as unidades da fase da digesta que devem ser removidas (caso o FR seja negativo) ou adicionadas (FR positivo) à digesta não representativa para reconstituir a digesta verdadeira, conforme descrito por Valadares Filho et al. (2011) e quanto mais próximo de 0, mais representativa é a amostra da digesta verdadeira (France & Siddons, 1986).

Análises estatísticas

Os consumos e as digestibilidades foram analisadas em delineamento de quadrado latino utilizando o PROC MIXED do SAS (versão 9.2), segundo o modelo:

$$Y_{ijklm} = \mu + Q_i + V_j + N_k + VN_{jk} + A_{(i)l} + P_{(i)m} + QV_{ij} + QN_{ik} + QVN_{ijk} + \varepsilon_{ijklm}$$

em que: μ = constante geral; Q_i = efeito do quadrado latino i ; V_j = efeito do volumoso j ; N_k = efeito do nível de concentrado k ; VN_{jk} ; efeito da interação entre o volumoso j e o nível de concentrado k ; $A_{(i)l}$ = efeito do animal l aninhado ao quadrado latino i ; $P_{(i)m}$ = efeito do período experimental m aninhado ao quadrado latino i ; ε_{ijklm} = erro aleatório, não observável, pressuposto com distribuição normal; Q_{vij} , QN_{ik} , QVN_{ijk} = interações entre os efeitos principais.

As composições das digestas foram analisadas em esquema de medidas repetidas no espaço utilizando-se o procedimento GLM do SAS (versão 9.1), segundo o modelo:

$$Y_{ijkl} = \mu + Q_i + D_j + A_{(i)k} + P_{(i)l} + QD_{ij} + \varepsilon_{ijkl} + L_m + DL_{jm} + E_{ijklm} + e_{ijklm}$$

em que: μ = constante geral; Q_i = efeito do quadrado latino i ; D_j = efeito da dieta j ; $A_{(i)k}$ = efeito do animal k aninhado ao quadrado latino i ; $P_{(i)l}$ = efeito do período experimental l aninhado ao quadrado latino i ; ε_{ijkl} = efeito residual aleatório entre unidades experimentais; L_m = efeito do local de amostragem m ; E_{ijklm} = efeito residual

aleatório entre locais de amostragem dentro das unidades experimentais; e e_{ijklm} = erro aleatório não observável, pressuposto com distribuição normal e assumido como homogêneo entre todas as combinações de fatores experimentais.

Os fluxos e as digestibilidades ruminais e intestinais foram analisados em esquema de medidas repetidas no espaço utilizando-se o procedimento GLM do SAS (versão 9.2), segundo o modelo:

$Y_{ijklmn} = \mu + Q_i + D_j + A_{(i)k} + P_{(i)l} + QD_{ij} + \varepsilon_{ijkl} + L_m + DL_{jm} + E_{ijklm} + F_n + DF_{jn} + LF_{mn} + DLF_{jmn} + e_{ijklmn}$
em que: μ = constante geral; Q_i = efeito do quadrado latino i; D_j = efeito da dieta j; $A_{(i)k}$ = efeito do animal k aninhado ao quadrado latino i; $P_{(i)l}$ = efeito do período experimental l aninhado ao quadrado latino i; ε_{ijkl} = efeito residual aleatório entre unidades experimentais; L_m = efeito do local de amostragem m; E_{ijklm} = efeito residual aleatório entre locais de amostragem dentro das unidades experimentais; F_n = efeito do número de fases n consideradas nas amostras de digesta; e e_{ijklmn} = erro aleatório não observável, pressuposto com distribuição normal e assumido como homogêneo entre todas as combinações de fatores experimentais. No modelo são também apresentadas as interações entre os fatores. O efeito de dieta (D_j) foi avaliado utilizando-se ε_{ijkl} como denominador para os testes estatísticos. Adicionalmente, os efeitos L_m e DL_{jm} foram avaliados considerando-se como denominador o componente E_{ijklm} . Por sua vez, os efeitos F_n e todas as interações nas quais este participou foram comparados com base no erro experimental (e_{ijklmn}).

Quando pertinente, as médias foram comparadas utilizando-se o teste de Tukey. Adotou-se 0,05 como nível crítico de probabilidade para o erro tipo I.

Resultados e Discussão

Consumos e digestibilidades

Os consumos de matéria seca (MS) e dos constituintes da dieta estão apresentados na Tabela 3. Não foi observada interação ($P>0,05$) de volumosos e os níveis de concentrado para todos os consumos avaliados.

Tabela 3 – Consumos (kg/dia) de bovinos cruzados alimentados com silagem de milho ou cana-de-açúcar em diferentes proporções

	Volumoso		Média	Desvio padrão	Valor P		
	Silagem milho	Cana-de-açúcar			V	C	V × C
Concentrado	MS ¹ (kg/dia)			1,42	0,0240	0,0109	0,4655
	40	8,22	7,32				
	60	8,53	8,64				
Média		8,38 ^a	7,98 ^b				
	MO ² (kg/dia)			1,36	0,0090	0,0066	0,4623
	40	7,82	6,92				
	60	8,18	8,25				
Média		8,01 ^a	7,59 ^b				
	PB ³ (kg/dia)			0,19	0,3876	0,2032	0,4891
	40	1,05	1,05				
	60	1,07	1,20				
Média		1,06	1,12				
	EE ⁴ (kg/dia)			0,07	0,0081	0,1507	0,2741
	40	0,29	0,18				
	60	0,29	0,25				
Média		0,29 ^a	0,22 ^b				
	FDNcp ⁵ (kg/dia)			0,43	0,0007	0,0482	0,2281
	40	2,94	2,08				
	60	2,37	1,95				
Média		2,64 ^a	2,01 ^b				
	CNF ⁶ (kg/dia)			0,80	0,1390	0,0021	0,6774
	40	3,93	4,18				
	60	4,78	5,42				
Média		4,38	4,80				

¹Matéria seca, ²Matéria orgânica, ³Proteína bruta, ⁴Extrato etéreo, ⁵Fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína bruta, ⁶Carboidratos não fibrosos, Letras maiúsculas diferentes na mesma coluna diferem entre si, Letras minúsculas diferentes na mesma linha diferem entre si

Os animais alimentados com silagem de milho apresentaram maiores consumos de MS ($P=0,0240$) e MO ($P=0,0090$) em relação aos animais alimentados com cana-de-

açúcar. O efeito depressivo da cana-de-açúcar para esses consumos pode estar relacionado à baixa digestibilidade de sua fibra ou com a baixa taxa de digestão da fibra no rúmen (Preston, 1982). Magalhães (2010) observou que as taxas de ingestão e de digestão foram maiores para a MS e para a fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína bruta (FDNcp), respectivamente, para a dieta à base de silagem de milho em relação às dietas contendo silagem de cana-de-açúcar. Da mesma forma, Menezes et al. (2011) observaram maior taxa de ingestão e de passagem para a matéria seca e a FDNcp em dietas a base de silagem de milho quando comparada com dietas a base de cana-de-açúcar *in natura*.

Por outro lado, o consumo de proteína bruta foi similar ($P=0,3876$) para os volumosos avaliados, o que se explica por serem as dietas isoproteicas.

O tipo de volumoso oferecido influenciou ($P=0,0081$) o consumo de extrato etéreo, sendo que os animais que receberam silagem de milho foram os que apresentaram maior valor, possivelmente em virtude do maior consumo de MS dessas dietas.

O consumo de FDNcp foi maior ($P=0,0007$) para os animais alimentados com silagem de milho em comparação com os animais alimentados com cana-de-açúcar, consequência do maior consumo de MS.

Não houve diferença ($P>0,05$) para o consumo de carboidratos não fibrosos (CNF) entre os diferentes volumosos avaliados, possivelmente por causa do maior consumo de MS e menor teor de CNF das dietas contendo silagem de milho.

Os animais alimentados com as dietas contendo 60% de concentrado apresentaram maiores consumos de MS ($P=0,0109$), de MO ($P=0,0066$) e de CNF ($P=0,0021$). As diferentes proporções de concentrado fornecidas não influenciaram ($P>0,05$) os consumos de PB e EE. No entanto, maior ($P=0,0482$) consumo de FDNcp

foi observado para as dietas contendo 40% de concentrado, provavelmente em virtude do maior teor de FDNcp dessas dietas.

Não houve interação ($P>0,05$) entre o tipo de volumoso e a proporção de concentrado para as digestibilidades totais avaliadas. As dietas à base de cana-de-açúcar apresentaram maiores valores para a digestibilidade aparente da MS ($P=0,0259$), MO ($P=0,0015$), PB ($P=0,0025$) e CNF ($P<0,0001$) (Tabela 4).

Tabela 4 – Digestibilidade (%) para bovinos cruzados alimentados com silagem de milho ou cana-de-açúcar em diferentes proporções

	Volumoso			DP	Valor P		
	Silagem milho	Cana-de-açúcar	Média		V	C	V × C
Concentrado	MS ¹ (%)			0,0377	0,0259	0,0019	0,5308
40	69,75	73,50	71,63 ^B				
60	75,33	78,13	76,65 ^A				
Média	72,71 ^b	75,81 ^a					
	MO ² (%)			0,0390	0,0015	0,0024	0,7436
40	68,88	71,63	70,25 ^B				
60	74,11	76,63	75,29 ^A				
Média	71,65 ^b	74,13 ^a					
	PB ³ (%)			0,0480	0,0025	0,1969	0,2792
40	65,00	72,75	68,88				
60	68,78	73,63	71,06				
Média	67,00 ^b	73,19 ^a					
	EE ⁴ (%)			0,0544	0,4774	0,5455	0,8607
40	81,00	82,63	81,81				
60	80,22	81,25	80,71				
Média	80,59	81,94					
	FDNcp ⁵ (%)			0,0493	0,0002	0,5613	0,2217
40	55,50	44,25	49,88				
60	51,89	45,50	48,88				
Média	53,59 ^a	44,88 ^b					
	CNF ⁶ (%)			0,0268	<0,0001	0,0801	0,0524
40	82,88	91,25	87,06				
60	86,56	91,38	88,82				
Média	84,82 ^b	91,31 ^a					

¹Matéria seca, ²Matéria orgânica, ³Proteína bruta, ⁴Extrato etéreo, ⁵Fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína bruta, ⁶Carboidratos não fibrosos, Letras maiúsculas diferentes na mesma coluna diferem entre si, Letras minúsculas diferentes na mesma linha diferem entre si

A maior digestibilidade da MS observada para a dieta contendo cana-de-açúcar pode ser explicada pelas maiores quantidades de ureia e de carboidratos não fibrosos para essas dietas e pela melhor sincronia da hidrólise da ureia com a degradação dos carboidratos não fibrosos (Satter & Roffler, 1975; Xin et al., 2010). Essa melhor sincronia é responsável pelo aumento da eficiência da incorporação do nitrogênio não protéico à proteína microbiana (Firkins, 1996).

Ribeiro et al. (2011) observaram que a inclusão de nitrogênio não protéico em dietas para bovinos aumenta a digestibilidade da proteína bruta. Devido às dietas à base de cana-de-açúcar terem recebido maior quantidade de ureia, e conseqüentemente, maior teor de nitrogênio não protéico, essa maior quantidade de nitrogênio não protéico pode ter sido responsável pelo maior valor.

A digestibilidade da FDN_{cp} foi maior ($P=0,0002$) para a dieta com silagem de milho em relação a cana-de-açúcar. Isso pode ser devido a maior taxa de digestão que dietas à base de silagem de milho apresentam em relação às dietas contendo cana-de-açúcar (Magalhães., 2010; Menezes et al., 2011), e ao maior teor da FDN_i presente nas dietas à base de cana-de-açúcar.

Foram obtidas maiores digestibilidades da MS ($P=0,0019$) e da MO ($P=0,0024$) para as dietas contendo 60% de concentrado, enquanto não houve efeito ($P>0,05$) dos níveis de concentrado para as digestibilidades dos demais constituintes da dieta.

Composição das digestas – sistema de indicador único

A MS foi maior ($P<0,0001$) para a digesta reticular, seguida pela digesta abomasal e omasal. Isso sugere que a digesta reticular pode ser não representativa da digesta que estaria deixando o rúmen, ou seja, parte da digesta coletada no retículo poderia retornar ao rúmen (Tabela 5). A menor ($P<0,0001$) percentagem para MS observada para a

digesta omasal pode ser explicada pela maneira como a coleta omasal é realizada. Devido a sucção pela bomba a vácuo, a maior parte da digesta coletada é líquida, isso porque a parte mais fibrosa da digesta omasal está localizada entre as folhas omasais, local onde a mangueira de sucção da coleta não é capaz de alcançar. Dessa forma, a digesta omasal pode não ser considerada uma digesta representativa.

A percentagem de MO foi maior ($P=0,0052$) na digesta coletada no abomaso em relação às digestas coletadas no omaso e no retículo. A menor percentagem de MO observada para a digesta reticular pode ser devido a possibilidade da coleta de areia e outros minerais densos que se localizam na parte inferior do retículo (Kriszan et al., 2010). Apesar de haver alguma secreção de minerais no omaso (Engelhardt & Hauffe, 1975) e no abomaso (HCl), uma significativa absorção de minerais ocorre no omaso (Punia et al., 1988; Ahvenjarvi et al., 2000), o que provavelmente, pode explicar a maior percentagem da MO no abomaso.

Tabela 5 – Composição das digestas coletadas no abomaso, omaso e retículo em bovinos cruzados alimentados com silagem de milho ou cana-de-açúcar em em duas proporções de concentrado

Itens	Local de amostragem			Desvio padrão		P valor ³	
	Abomaso	Omaso	Retículo	1	2	Local	L×D
MS ⁴ (%)	5,38 ^b	4,82 ^c	6,25 ^a	0,0077	0,0090	<0,0001	0,6806
MO ⁵ (%)	78,57 ^a	76,72 ^b	76,85 ^b	0,0242	0,0242	0,0052	0,7369
PB ⁶ (%)	23,88 ^a	24,29 ^a	20,60 ^b	0,0274	0,0214	<0,0001	0,4333
EE ⁷ (%)	6,32 ^a	6,53 ^a	1,94 ^b	0,0156	0,0138	<0,0001	0,1669
FDNcp ⁸ (%)	30,22 ^b	31,97 ^b	40,85 ^a	0,0516	0,0294	<0,0001	0,2170
CNF ⁹ (%)	21,97 ^a	18,81 ^b	15,66 ^c	0,0558	0,0457	<0,0001	0,5133
FDNi ¹⁰ (%)	19,79 ^b	20,69 ^b	29,78 ^a	0,0415	0,0437	<0,0001	0,2775
¹⁵ N (% átomos em excesso)	0,0738	0,0722	0,0763	0,0071	0,0154	0,0763	0,0771
Co (mg/kg MS)	105,25 ^{ab}	128,65 ^a	96,07 ^b	39,6602	25,9025	0,0140	0,2896
Yb (mg/kg MS)	190,40	213,28	224,39	68,2625	77,3162	0,2162	0,8188

¹Desvio padrão entre as unidades experimentais, ²Desvio padrão entre os locais dentro das unidades experimentais, ³Efeito principal para o local de amostragem. As interações entre o local de amostragem e dieta não foram significativas ($P=0,0771$ até $0,7758$), ⁴Matéria seca, ⁵Matéria orgânica, ⁶Proteína bruta, ⁷Extrato etéreo, ⁸Fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína bruta, ⁹Carboidratos não fibrosos, ¹⁰Fibra em detergente neutro indigestível

A maior ($P < 0,0001$) percentagem de PB foi observada nas digestas coletadas no abomaso e no omaso. Esse fato pode ser devido a essas digestas apresentarem maior quantidade de líquido em relação à digesta reticular e a percentagem de PB ser maior na fase líquida da digesta (Hristov, 2007).

A digesta reticular apresentou a menor ($P < 0,0001$) percentagem de EE, quando comparada às digestas abomasal e omasal. Esse fato também sugere que a digesta coletada no retículo não represente a digesta que estaria saindo para o omaso.

Maior ($P < 0,0001$) percentagem de FDNcp foi observada na digesta reticular. Hristov (2007) também observou maior percentagem de FDNcp para a digesta coletada no retículo, quando comparada com a digesta coletada no duodeno.

A percentagem de CNF foi maior ($P < 0,0001$) para a digesta abomasal, seguida pela digesta coletada no omaso.

Maior ($P < 0,0001$) percentagem de FDNi foi encontrada na digesta reticular. Ao considerar a FDNi como um indicador interno para estimar o fluxo da digesta ruminal, ao se estimar o fluxo ruminal pela digesta reticular, esta maior percentagem de FDNi pode estar subestimando o fluxo ruminal e resultando em dados viesados. Dessa forma, a utilização da digesta reticular tendo como indicador a FDNi não seria recomendada.

O enriquecimento com átomos de ^{15}N foi similar ($P > 0,05$) para os diferentes locais de amostragem. Dessa forma, o local de amostragem da digesta não estaria influenciando a estimativa da síntese de proteína microbiana.

O maior ($P = 0,0140$) valor para a concentração de Co na digesta foi observada para a digesta coletada no omaso em relação àquela coletada no retículo. O maior valor observado para a digesta omasal se deve ao fato de que o Co é um indicador que apresenta maior afinidade com a fase líquida da digesta, assim, quanto mais líquida a digesta for, maior seria a concentração de Co (Ahvenjarvi et al., 2003).

A percentagem de Yb observada entre as digestas coletadas nos diferentes locais não diferiu ($P>0,05$), sugerindo que o mesmo pode ser usado como indicador para digestas coletadas em qualquer local avaliado.

Composição das fases das digestas – sistema de indicador duplo

Na digesta reticular, 71,65% da MS recuperada foi de partículas comparado com 56,74% para a digesta abomasal e 50,56% para a digesta omasal ($P<0,0010$) (Tabela 6). Da mesma forma, Okine & Mathison (1991) e Hristov (2007) também observaram maior proporção de partículas na digesta reticular em relação a digesta duodenal. Neste trabalho observou-se diferença de 14,94 unidades percentuais entre as digestas reticular e abomasal e de 21,09 unidades percentuais entre as digesta reticular e omasal para a proporção de partículas. Essa variação apresentada entre a digesta reticular e as demais digestas pode explicar as diferenças observadas para a composição da mesma.

A MS da fase de partículas e da fase líquida foi maior ($P=0,0004$) para as digestas coletadas no retículo em relação às digestas coletadas no abomaso e no omaso.

A MO da fase de partículas foi maior ($P<0,0001$) para a digesta coletada no abomaso. No entanto, ao se analisar a MO da fase líquida, observa-se que essa foi maior para as digestas coletadas no omaso.

A percentagem da PB na fase de partículas foi maior ($P=0,0216$) para a digesta abomasal, sendo que não houve diferença ($P>0,05$) para as digestas coletadas no omaso e no retículo. Entretanto, ao se comparar a PB da fase líquida, observa-se que a maior ($P<0,0001$) percentagem foi encontrada para as digestas abomasal e omasal.

Da mesma forma que foi observada para a digesta sem separação, a percentagem do EE foi menor ($P<0,0001$) para a fase de partículas e para a fase líquida da digesta reticular, mostrando assim, que a digesta reticular, mesmo com a separação em duas

fases apresenta uma menor percentagem de EE e dessa forma, poderia não estar representando corretamente a digesta que sai do rúmen.

Tabela 6 – Composição das fases da digesta coletadas no abomaso, omaso e retículo, utilizando o sistema de indicador duplo obtida em bovinos cruzados alimentados com silagem de milho ou cana-de-açúcar em diferentes proporções

Fases da digesta	Local de amostragem			Desvio padrão		P valor ³	
	Abomaso	Omaso	Retículo	1	2	Local	LxD
	Proporção MS						
Partículas	56,74 ^b	50,56 ^c	71,65 ^a	0,0660	0,0931	<0,0001	0,4839
Líquida	43,26 ^b	49,44 ^a	28,35 ^c	0,0660	0,0931	<0,0001	0,4839
	MS ⁴ (%)						
Partículas	16,32 ^b	16,38 ^b	18,03 ^a	0,0204	0,0264	0,0004	0,2301
Líquida	3,06 ^b	3,03 ^b	3,50 ^a	0,0050	0,0048	0,0003	0,3610
	MO ⁵ (%)						
Partículas	95,07 ^a	94,07 ^b	85,25 ^c	0,0131	0,0126	<0,0001	0,3838
Líquida	59,41 ^b	64,72 ^a	59,57 ^b	0,0532	0,0376	<0,0001	0,0960
	PB ⁶ (%)						
Partículas	16,81 ^a	15,75 ^b	16,38 ^b	0,0526	0,0219	0,0216	0,4506
Líquida	32,07 ^a	32,57 ^a	30,72 ^b	0,0537	0,0345	<0,0001	0,8341
	EE ⁷ (%)						
Partículas	6,25 ^a	4,28 ^b	2,06 ^c	0,0156	0,0135	<0,0001	0,0796
Líquida	6,47 ^b	8,75 ^a	1,68 ^c	0,0537	0,0358	<0,0001	0,6396
	FDNcp ⁸ (%)						
Partículas	41,50 ^b	50,75 ^a	51,29 ^a	0,0526	0,0570	<0,0001	0,5212
Líquida	14,80	13,04	14,50	0,0512	0,0351	0,3189	0,1554
	CNF ⁹ (%)						
Partículas	29,88 ^a	23,84 ^b	16,41 ^b	0,0414	0,0617	<0,0001	0,2806
Líquida	6,97	10,41	13,35	0,0517	0,0809	0,1447	0,0950
	FDNi ¹⁰ (%)						
Partículas	27,38 ^b	33,94 ^{ab}	37,22 ^a	0,0579	0,0565	<0,0001	0,1758
Líquida	9,41	9,75	9,66	0,0389	0,0370	0,9288	0,1593
	¹⁵ N (% átomos em excesso)						
Partículas	0,0722 ^a	0,0625 ^b	0,6969 ^a	0,0056	0,0165	<0,0001	0,7158
Líquida	0,0766 ^b	0,0801 ^b	0,0953 ^a	0,0233	0,0259	0,0054	0,0559
	Co (mg/kg MS)						
Partículas	40,96 ^b	53,82 ^a	56,80 ^a	26,922	15,135	0,0002	0,0658
Líquida	196,79	186,96	202,12	78,584	70,280	0,6833	0,8320
	Yb (mg/kg MS)						
Partículas	213,37 ^a	155,79 ^b	260,07 ^a	68,923	40,475	<0,0001	0,6672
Líquida	158,75 ^b	267,14 ^a	148,91 ^b	53,275	173,33	0,0001	0,9911
	Fator de reconstituição						
Partículas	-0,2413 ^b	-0,1427 ^a	-0,2218 ^b	0,1753	0,2006	0,0283	0,3585

¹Desvio padrão entre as unidades experimentais, ²Desvio padrão entre os locais dentro das unidades experimentais, ³Efeito principal para o local de amostragem. As interações entre o local de amostragem e dieta não foram significativas (P=0,0559 até 0,9911), ⁴Matéria seca, ⁵Matéria orgânica, ⁶Proteína bruta,

⁷Extrato etéreo, ⁸Fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína bruta, ⁹Carboidratos não fibrosos, ¹⁰Fibra em detergente neutro indigestível

A fase de partículas da digesta omasal e reticular apresentou maior ($P < 0,0001$) percentagem de FDNcp em comparação à digesta abomasal. No entanto, para a fase líquida não foi observada diferença ($P > 0,05$) entre os diferentes locais de amostragem.

A fase de partículas da digesta abomasal apresentou maior valor ($P < 0,0001$) para a percentagem de CNF. No entanto, não houve diferença ($P > 0,05$) para o CNF entre as digestas coletadas nos diferentes locais para a fase líquida.

A percentagem de FDNi da fase de partículas foi maior ($P < 0,0001$) para a digesta reticular em relação à digesta abomasal. Entretanto, o valor observado para a digesta omasal foi similar ($P > 0,05$) aos valores das digestas abomasal e reticular. Não houve diferença ($P > 0,05$) para a percentagem de FDNi na fase líquida entre os diferentes locais de coleta.

O maior ($P < 0,0001$) valor para o enriquecimento com átomos de ¹⁵N foi observado para as digestas coletadas no abomaso e no retículo para a fase de partículas. Para a fase líquida, o maior ($P < 0,0001$) valor foi observado para a digesta reticular. Dessa forma, estaria havendo compensação entre as diferentes fases, fato esse que pode ser observado ao se avaliar a digesta sem separações, que apresentou valor similar entre os diferentes locais de amostragem.

A concentração de Co na fase de partículas foi maior ($P = 0,0002$) para a digesta omasal e reticular. No entanto, não foi observada diferença ($P > 0,05$) entre as digestas coletadas nos diferentes locais para a fase líquida.

A concentração de Yb observada para a fase de partículas foi maior ($P < 0,0001$) para as digestas abomasal e reticular. No entanto, para a fase líquida, o maior ($P = 0,0001$) valor foi observado para a digesta omasal. Assim, da mesma maneira que foi observado para o enriquecimento com átomos de ¹⁵N houve compensação entre as

diferentes fases, visto que, na fase sem separações, a concentração de Yb foi similar ($P>0,05$) entre os diferentes locais de amostragem.

O fator de reconstituição (FR) das partículas da digesta omasal diferiu ($P=0,0283$) dos fatores de reconstituição dos demais locais de coleta. Quanto mais próximo de zero for o valor do FR, a digesta obtida estará mais próxima da digesta verdadeira. Neste caso, a digesta coletada no omaso foi a que apresentou o valor mais próximo de zero e assim, essa digesta pode ser considerada mais próxima da digesta verdadeira, quando comparada às digestas coletadas no abomaso e no retículo.

Composição das fases das digestas – sistema de indicador triplo

A proporção de grandes partículas foi maior ($P<0,0001$) para a digesta coletada no retículo, seguida pela digesta coletada no abomaso e pela digesta omasal (Tabela 7). No entanto, a maior proporção de pequenas partículas ($P<0,0001$) foi observada no omaso. Para a fase líquida, a maior ($P<0,0001$) proporção foi encontrada nas digestas abomasal e omasal. Assim como ocorre no sistema de indicador duplo, onde a digesta é dividida em duas fases, a digesta reticular apresenta as maiores variações de proporcionalidade entre as demais digestas estudadas.

Não houve diferença ($P>0,05$) para a MS da fase de grandes partículas entre os diferentes locais de amostragem. Entretanto, para a fase de pequenas partículas, as digestas abomasal e omasal foram as que apresentaram maior valor ($P<0,0001$) para MS. Por outro lado, a fase líquida da digesta coletada no retículo apresentou maior ($P<0,0001$) percentagem de MS.

Tabela 7 – Composição das fases da digesta coletada no abomaso, omaso e retículo, utilizando o sistema de indicador triplo em bovinos cruzados alimentados com silagem de milho ou cana-de-açúcar em diferentes proporções

Fases da digesta	Local de amostragem			Desvio padrão		P valor ³	
	Abomaso	Omaso	Retículo	1	2	Local	LxD
	Proporção MS						
Grandes partículas	55,91 ^b	51,03 ^c	77,00 ^a	0,0919	0,0762	<0,0001	0,9833
Pequenas partículas	17,71 ^b	18,30 ^a	12,07 ^b	0,0480	0,0426	<0,0001	0,9694
Fase líquida	26,38 ^a	30,67 ^a	10,93 ^b	0,0545	0,0504	<0,0001	0,9766
	MS ⁴ (%)						
Grandes partículas	18,60	18,97	18,32	0,0186	0,0272	0,6278	0,7633
Pequenas partículas	8,72 ^a	8,54 ^a	7,11 ^b	0,0113	0,0150	<0,0001	0,5668
Fase líquida	2,07 ^b	2,10 ^b	7,10 ^a	0,0064	0,0066	<0,0001	0,1553
	MO ⁵ (%)						
Grandes partículas	94,79 ^a	92,57 ^b	84,78 ^c	0,0174	0,0151	<0,0001	0,4924
Pequenas partículas	87,38 ^a	83,57 ^b	77,25 ^c	0,0214	0,0215	<0,0001	0,2991
Fase líquida	57,10 ^a	56,66 ^a	51,13 ^b	0,0459	0,0379	<0,0001	0,5437
	PB ⁶ (%)						
Grandes partículas	15,66 ^a	15,07 ^b	15,04 ^b	0,0244	0,0236	0,0489	0,5406
Pequenas partículas	31,41 ^c	33,88 ^b	39,41 ^a	0,0354	0,0259	<0,0001	0,1804
Fase líquida	36,63 ^a	35,82 ^a	27,72 ^b	0,0291	0,0378	<0,0001	0,8350
	EE ⁷ (%)						
Grandes partículas	5,50 ^a	4,82 ^b	1,45 ^c	0,0134	0,0145	<0,0001	0,3092
Pequenas partículas	10,75 ^a	11,25 ^a	2,18 ^b	0,0278	0,0271	<0,0001	0,3493
Fase líquida	4,16 ^b	6,03 ^a	2,06 ^c	0,0272	0,0300	0,0017	0,7396
	FDNcp ⁸ (%)						
Grandes partículas	45,10 ^b	50,25 ^a	51,56 ^a	0,0683	0,0558	<0,0001	0,1426
Pequenas partículas	18,16 ^b	18,78 ^a	17,35 ^c	0,0685	0,0612	<0,0001	0,1051
Fase líquida	na	na	na				
	CNF ⁹ (%)						
Grandes partículas	27,75 ^a	21,97 ^b	16,04 ^c	0,0733	0,0753	<0,0001	0,1625
Pequenas partículas	26,13 ^a	20,57 ^b	20,16 ^b	0,0947	0,060	<0,0001	0,1811
Fase líquida	16,13 ^c	14,81 ^b	20,88 ^a	0,0401	0,0546	<0,0001	0,9106
	FDNi ¹⁰ (%)						
Grandes partículas	27,28 ^c	33,35 ^b	37,63 ^a	0,0527	0,0544	<0,0001	0,2860
Pequenas partículas	8,29 ^b	10,19 ^a	9,22a ^b	0,0569	0,0511	0,0001	0,7086
Fase líquida	na	na	na				
	¹⁵ N (% átomos em excesso)						
Grandes partículas	0,0694 ^a	0,0625 ^b	0,0688 ^a	0,0092	0,0202	0,0070	0,4492
Pequenas partículas	0,0769 ^a	0,0728 ^b	0,0781 ^a	0,0052	0,0215	0,0004	0,7347
Fase líquida	0,0981 ^b	0,1000 ^{ab}	0,1197 ^a	0,0349	0,0371	0,0295	0,6484
	Co (mg/kg MS)						
Grandes partículas	32,84 ^c	45,67 ^b	59,28 ^a	15,171	10,557	<0,0001	0,1064
Pequenas partículas	88,52 ^b	109,27 ^a	122,49 ^a	42,183	31,962	<0,0001	0,1841
Fase líquida	381,51 ^a	300,25 ^b	380,32 ^a	146,21	151,56	0,0188	0,9202
	Yb (mg/kg MS)						
Grandes partículas	156,19	150,85	181,85	65,123	46,140	0,4590	0,2042
Pequenas partículas	333,62 ^b	258,85 ^c	405,17 ^a	100,61	111,30	<0,0001	0,9904
Fase líquida	193,64 ^b	261,89 ^a	258,84 ^a	92,874	120,72	0,0456	0,2707
	Fator de reconstituição						
Grandes partículas	0,2157 ^a	0,0586 ^b	0,1610 ^a	0,1792	0,1713	0,0020	0,8996
Pequenas partículas	-0,2186 ^b	-0,1913 ^b	-0,2910 ^a	0,0677	0,0921	0,0002	0,7437

¹Desvio padrão entre as unidades experimentais, ²Desvio padrão entre os locais dentro das unidades experimentais, ³Efeito principal para o local de amostragem. As interações entre o local de amostragem e dieta não foram significativas (P=0,1051 até 0,9904), ⁴Matéria seca, ⁵Matéria orgânica, ⁶Proteína bruta, ⁷Extrato etéreo, ⁸Fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína bruta, ⁹Carboidratos não fibrosos, ¹⁰Fibra em detergente neutro indigestível, na: não avaliado

Maiores valores ($P < 0,0001$) para MO foram observados nas fases de grandes e pequenas partículas da digesta coletada no abomaso, seguida pela digesta coletada no omaso e pela digesta coletada no retículo. Para a fase líquida, os maiores ($P < 0,0001$) valores foram observados para a digestas abomasal e omasal. Hristov (2007) observou maiores valores para a MO em todas as três fases da digesta coletada no duodeno em comparação com a digesta coletada no retículo. De acordo Hristov (2007), o maior valor observado para a MO na digesta duodenal é devido a absorção de minerais que ocorre no omaso. Desse modo, pode-se inferir para este estudo, que da mesma forma que ocorre com a digesta duodenal, a digesta abomasal apresenta maior valor para a MO devido a absorção mineral que acontece no omaso.

A percentagem de PB da fase de grandes partículas foi maior ($P = 0,0489$) para a digesta coletada no abomaso. No entanto, para a fase de pequenas partículas, a maior ($P < 0,0001$) percentagem de PB foi observada para a digesta reticular. Para a fase líquida, a maior ($P < 0,0001$) percentagem de PB foi encontrada nas digestas abomasal e omasal.

Da mesma forma que foi observado para a digesta sem separação e para a digesta separada em duas fases, o EE foi menor para as fases de grandes ($P < 0,0001$), pequenas ($P < 0,0001$) e líquida ($P = 0,0017$) da digesta coletada no retículo. A digesta coletada no retículo não apresenta similaridade para a percentagem de EE às demais.

A FDNcp da fase de grandes partículas foi maior ($P < 0,0001$) para a digesta coletada no omaso e no retículo. No entanto, para a fase de pequenas partículas, o maior valor observado de FDNcp foi para a digesta omasal. Hristov (2007) observou maior percentagem de FDNcp para a fase de grandes e pequenas partículas para a digesta reticular em comparação com a digesta duodenal. Esse maior valor observado para as digestas omasal e reticular neste estudo pode ser devido à digestão da fibra que ocorre

no omaso. Dessa forma, tanto a amostra coletada no retículo, como a coletada no omaso ainda passariam por parte de processos de digestão da fibra. Por outro lado, a amostra coletada no abomaso, possivelmente, passou por esses processos de digestão da fibra no qual as demais digestas não passaram ou então, passaram parcialmente.

As maiores ($P < 0,0001$) percentagens de CNF nas grandes e pequenas partículas foram observadas para a digesta abomasal. No entanto, para a fase líquida da digesta, o maior ($P < 0,0001$) valor foi observado para a digesta reticular.

A percentagem de FDNi na fase de grandes partículas foi maior ($P < 0,0001$) para a digesta reticular. Sendo que a digesta omasal apresentou valor intermediário ($P < 0,0001$) e a digesta abomasal apresentou o menor ($P < 0,0001$) valor. Para a fase de pequenas partículas, o maior teor de FDNi foi obtido para a digesta omasal em relação à digesta abomasal.

As fases de grandes ($P = 0,0070$) e pequenas ($P = 0,0004$) partículas apresentaram maior enriquecimento de átomos de ^{15}N na digesta abomasal e na digesta reticular em comparação com a digesta omasal. Por outro lado, para a fase líquida da digesta, a maior ($P = 0,0051$) concentração de átomos ^{15}N foi observada para a digesta reticular em relação à digesta abomasal. No entanto, não houve diferença ($P > 0,05$) entre as digestas coletadas no abomaso e no omaso para o enriquecimento com átomos de ^{15}N .

Ao contrário do observado para a digesta do sistema de indicador único, a concentração de Co foi maior ($P < 0,0001$) para as fases de grandes partículas para a digesta reticular. No entanto, a concentração de Co, para a fase de pequenas partículas, foi similar ($P > 0,05$) para as digestas reticular e omasal e para a fase líquida, a concentração na digesta abomasal foi similar ($P > 0,05$) à da digesta reticular.

Não houve diferença na concentração de Yb ($P > 0,05$) para a fase de grandes partículas entre os diferentes locais de coleta. No entanto, para a fase de pequenas

partículas, o maior ($P < 0,0001$) valor foi observado para a digesta reticular seguido pela digesta abomasal e omasal. Para a fase líquida, a maior ($P = 0,0456$) concentração foi observada para as digestas omasal e reticular.

O FR para a fase de grandes partículas foi menor ($P = 0,0020$) para as digestas coletadas no abomaso e no retículo. Dessa forma, o FR da digesta coletada no omaso foi menor e mais próximo de zero, da mesma forma como foi observado para a digesta separada em duas fases no sistema de duplo indicador.

O FR para a fase de pequenas partículas foi maior ($P = 0,0002$) para a digesta coletada no retículo. Dessa forma, para essa fase, as digestas coletadas no abomaso e no omaso apresentaram valores de FR mais próximos de zero.

Assim, pode-se considerar que dos três locais de coleta, a digesta omasal foi a que apresentou valores de FR mais próximos de zero, o que a considera uma digesta mais próxima da digesta verdadeira. Por outro lado, a digesta reticular foi a que apresentou valores mais distantes de zero, podendo ser considerada, assim, como uma digesta menos representativa da digesta verdadeira.

Os indicadores utilizados no sistema de indicador triplo não estão exclusivamente associados a uma fase da digesta ou uniformemente distribuídos por todas as fases. No entanto, os indicadores utilizados no sistema triplo de indicadores devem estar mais concentrados em sua fase principal. O método de reconstituição assume que, embora a digesta amostrada deva ser não representativa em relação as proporções das fases recuperadas, as composições das diferentes fases são confiáveis (France & Siddons, 1986). O Co foi principalmente associado com a fase líquida, o Yb com a fase de pequenas partículas e a FDNi com a fase de grandes partículas.

Fluxos e digestibilidades ruminais da matéria seca e dos componentes da digesta

O fluxo de MS foi maior ($P=0,0005$; Tabelas 8 e 9) para as digestas coletadas no abomaso e no omaso. Da mesma forma, ao considerar o fluxo de MO, as digestas coletadas no abomaso e no omaso apresentaram os maiores ($P<0,0001$) valores. Hristov (2007), ao compararem o fluxo ruminal a partir da coleta realizada no retículo e no duodeno, também observaram diferença para esses dois locais de coleta, sendo que os maiores fluxos de MS e de MO foram observados para a digesta coletada no duodeno. Isso pode ser explicado pela maior percentagem de FDNi observada na digesta reticular independente do sistema de indicador utilizado. Esse maior valor de FDNi pode estar subestimando o fluxo ruminal a partir da coleta da digesta reticular.

O fluxo de MO também é influenciado pela menor concentração de MO da digesta reticular, quando comparada às digestas abomasal e omasal, o que provavelmente é resultado de secreções endógenas de MO no abomaso e da absorção de minerais no omaso (Engelhardt & Hauffe, 1975; Punia et al., 1988). Além disso, há indícios de que haja contaminação da amostra da digesta reticular com material inorgânico (como areia, por exemplo) (Hristov, 2007).

Os fluxos de MS e de MO foram maiores ($P<0,0001$) para o sistema de indicador triplo, seguido pelo sistema de indicador duplo e pelo sistema de indicador único. Da mesma forma, Ahvenjarvi et al. (2003) observaram diferenças para os três sistemas de indicadores ao compararem o fluxo de MO em bovinos alimentados com diferentes dietas. Esses autores observaram que o sistema de indicador único (FDNi), duplo (Co + FDNi) e triplo (Co + FDNi + Yb) proporcionam resultados diferentes para o fluxo de MO. No entanto, no estudo de Ahvenjarvi et al. (2003), os valores do fluxo de MO variaram de acordo com a dieta fornecida.

Os maiores valores ($P < 0,0001$) para as digestibilidades ruminais da MS e da MO foram observados para a digesta reticular (Tabelas 8 e 9). No entanto, não houve diferença ($P > 0,05$) entre as digestas coletadas no abomaso e no omaso. Dessa forma, pode ser observado que a coleta da digesta omasal pode substituir a coleta da digesta abomasal. No entanto, a digesta reticular não apresenta resultados satisfatórios para a digestibilidade ruminal de MS e MO.

O sistema de indicador único apresentou os maiores ($P < 0,0001$) valores para as digestibilidades ruminais da MS e da MO. Valor intermediário ($P < 0,0001$) foi observado ao se utilizar o sistema de indicador duplo e o menor ($P < 0,0001$) valor para o sistema de indicador triplo.

Tabela 8 – Efeitos (valor P) e desvios padrão para as estimativas dos fluxos ruminais e das digestibilidades ruminais e intestinais em bovinos

	Efeito							Desvios padrão		
	Dieta	Local	Sistema	D×L	D×S	L×S	D×L×S	1	2	3
Fluxos ruminais										
MS	0,1814	0,0005	<0,0001	0,7553	0,5394	0,6683	0,0684	2,1459	1,1239	0,6103
MO	0,2872	<0,0001	<0,0001	0,8099	0,7164	0,9298	0,0661	2,0708	1,0435	0,5899
PB	0,0098	<0,0001	<0,0001	0,9794	0,0219	0,3707	0,1638	0,3846	0,3364	0,2520
FDNcp	0,1790	<0,0001	0,0017	0,5242	0,5662	0,9716	0,2706	0,6369	0,3382	0,1965
EE	0,0025	<0,0001	0,0006	0,0006	0,0837	0,0367	0,2981	0,1270	0,1168	0,0965
CNF	0,0786	<0,0001	<0,0001	0,8185	0,6330	0,3411	0,3312	0,9663	0,6362	0,3480
Digestibilidades ruminais										
MS	0,2278	<0,0001	<0,0001	0,8445	0,8421	0,8440	0,2232	0,1416	0,1199	0,0726
MO	0,4470	<0,0001	<0,0001	0,8532	0,8034	0,9209	0,0963	0,1223	0,1168	0,0681
PB	0,2133	<0,0001	<0,0001	0,8621	0,2451	0,1754	0,2907	0,4031	0,3193	0,2528
FDNcp	0,0031	<0,0001	0,1244	0,8696	0,4853	0,0522	0,4054	0,1554	0,1199	0,0805
EE	0,5651	<0,0001	0,0149	0,4324	0,1270	0,0101	0,5918	0,9316	0,8255	0,5644
CNF	0,0044	0,0002	<0,0001	0,9701	0,8522	0,0239	0,2552	0,1248	0,1243	0,0752
Digestibilidades intestinais										
MS	0,0662	<0,0001	<0,0001	0,3536	0,7364	0,2689	0,2477	0,2799	0,1232	0,0854
MO	0,0857	0,0002	<0,0001	0,5141	0,8282	0,3932	0,1512	0,1232	0,3338	0,0918
PB	0,0400	0,0016	0,4431	0,5764	0,8643	0,2348	0,7026	0,3312	0,3241	0,3183
FDNcp	0,7600	0,0001	0,4858	0,5724	0,5230	0,1369	0,3129	0,2236	0,1754	0,1153
EE	0,1577	<0,0001	0,0003	0,0392	0,3603	0,0042	0,4661	0,3736	0,2768	0,2474
CNF	0,0843	<0,0001	<0,0001	0,4810	0,3458	0,5533	0,1164	0,2885	0,1447	0,1181

¹Desvio padrão entre as unidades experimentais, ²Desvio padrão entre os locais dentro das unidades experimentais, ³Desvio padrão entre as fases dentro dos locais

Tabela 9 – Fluxos e digestibilidades ruminais da matéria seca (MS) e da matéria orgânica (MO) estimados pela coleta da digesta abomasal, omasal ou reticular, utilizando três sistemas de indicadores (único, duplo ou triplo) em bovinos cruzados alimentados com silagem de milho ou cana-de-açúcar em diferentes proporções

Sistema de indicadores	Local			Médias sistema de indicadores	Local			Médias sistema de indicadores
	Abomaso	Omaso	Retículo		Abomaso	Omaso	Retículo	
	Fluxos Ruminais MS (kg/dia)				Digestibilidades Ruminais MS (%)			
Único	4,01	4,76	3,77	4,18	54,00	42,75	54,13	50,29
Duplo	4,31	4,66	4,38	4,45	45,75	39,88	47,00	44,21
Triplo	5,16	4,87	4,75	4,93	36,00	38,50	43,88	39,46
Média SM 60:40	4,49	4,76	4,30	4,52	45,25	40,38	48,34	44,65
Único	4,54	4,84	3,73	4,37	52,13	45,38	58,13	51,88
Duplo	5,50	4,86	4,31	4,89	40,75	43,63	51,00	45,13
Triplo	4,83	5,38	4,56	4,92	45,75	37,88	48,88	44,17
Média SM 40:60	4,96	5,03	4,20	4,73	46,21	42,30	52,67	47,06
Único	3,82	3,67	3,53	3,67	49,50	50,63	55,25	51,79
Duplo	3,84	4,15	3,63	3,87	47,50	43,13	49,38	46,67
Triplo	4,45	4,28	3,97	4,23	38,63	40,38	45,63	41,55
Média Cana 60:40	4,04	4,03	3,71	3,93	45,21	44,71	50,09	46,67
Único	4,30	3,95	3,37	3,87	51,75	53,38	60,88	55,34
Duplo	4,84	4,71	3,62	4,39	45,38	45,50	56,63	49,17
Triplo	4,90	4,97	4,38	4,75	43,63	43,00	48,75	45,13
Média Cana 40:60	4,68	4,54	3,79	4,34	46,92	47,29	55,42	49,88
Média local	4,54 ^a	4,59 ^a	4,00 ^b		45,90 ^b	43,67 ^b	51,63 ^a	
Médias sistema de indicadores				4,02 ^C				52,33 ^A
				4,40 ^B				46,29 ^B
				4,71 ^A				43,76 ^C
	Fluxos Ruminais MO (kg/dia)				Digestibilidades Ruminais MO (%)			
Único	3,49	4,04	3,21	3,58	57,88	49,00	59,13	55,34
Duplo	3,68	3,89	3,70	3,76	52,50	47,63	53,50	51,21
Triplo	4,46	4,19	3,49	4,05	42,75	45,00	56,75	48,17
Média SM 60:40	3,88	4,04	3,47	3,79	51,04	47,21	56,46	51,57
Único	4,05	4,17	3,24	3,82	55,63	51,00	62,13	56,25
Duplo	4,79	4,14	3,63	4,19	47,50	50,25	57,25	51,67
Triplo	4,15	4,64	3,90	4,23	52,50	45,25	54,25	50,67
Média SM 40:60	4,33	4,32	3,59	4,08	51,88	48,83	57,88	52,86
Único	3,37	3,20	2,94	3,17	53,00	54,25	58,38	55,21
Duplo	3,30	3,46	3,11	3,29	52,13	49,50	54,00	51,88
Triplo	3,89	3,67	3,43	3,66	43,13	46,13	50,38	46,55
Média Cana 60:40	3,52	3,44	3,16	3,37	49,42	49,96	54,25	51,21
Único	3,88	3,50	2,96	3,45	46,88	46,88	64,13	52,63
Duplo	4,25	4,02	3,04	3,77	51,25	51,25	61,88	54,79
Triplo	4,32	4,41	3,72	4,15	47,25	47,25	54,38	49,63
Média Cana 40:60	4,15	3,98	3,24	3,79	48,46	48,46	60,13	52,35
Média local	3,97 ^a	3,94 ^a	3,36 ^b		50,20 ^b	48,62 ^b	57,18 ^a	
Médias sistema de indicadores				3,50 ^C				54,86 ^A
				3,75 ^B				52,39 ^B
				4,02 ^A				48,75 ^C

Houve interação ($P=0,0219$) entre a dieta e o sistema de indicadores para o fluxo de PB. Avaliando o sistema de indicador único, a dieta contendo silagem de milho e 60% de concentrado apresentou maior ($P<0,0001$) fluxo de PB em relação às dietas contendo 40% de concentrado (Tabelas 8 e 10). Para o sistema de duplo indicador, a dieta contendo silagem de milho e 60% de concentrado também apresentou maior ($P<0,0001$) fluxo de PB em relação às dietas contendo 40% de concentrado. Para o sistema de indicador triplo, apenas a dieta Cana 40:60 apresentou maior ($P<0,0001$) fluxo de PB em relação às demais dietas. Dessa forma, observa-se que existe tendência de aumento do fluxo de PB em dietas que possuem maior teor de concentrado.

Tabela 10 – Desdobramento da interação para os fluxos ruminais da proteína bruta (PB) estimados pela coleta da digesta abomasal, omasal ou reticular, utilizando três sistemas de indicadores (único, duplo ou triplo) em bovinos alimentados com silagem de milho ou cana-de-açúcar em diferentes proporções

Sistema de indicadores	Fluxo ruminal PB (kg/dia)				Média
	Dieta				
	SM 60:40	SM 40:60	Cana 60:40	Cana 40:60	
Único	0,88 ^{Bb}	1,00 ^{Aa}	0,80 ^{Bb}	0,90 ^{Cab}	0,89
Duplo	0,92 ^{ABbc}	1,20 ^{Aa}	0,87 ^{ABc}	1,11 ^{Bab}	1,03
Triplo	1,11 ^{Ab}	1,17 ^{Ab}	1,04 ^{Ab}	1,37 ^{Aa}	1,17
Média	0,97	1,12	0,90	1,13	

Letras maiúsculas diferentes na mesma coluna diferem entre si, Letras minúsculas diferentes na mesma linha diferem entre si

As dietas SM 60:40 e Cana 60:40 apresentaram maior ($P<0,0001$) fluxo de PB quando foi utilizado o sistema de indicador triplo em relação ao sistema de indicador único, sendo que o sistema de indicador duplo foi similar ($P>0,05$) aos sistemas de indicador único e triplo.

A dieta SM 40:60 apresentou valores similares ($P>0,05$) para os diferentes sistemas de indicador.

Para a dieta Cana 40:60, o maior ($P<0,0001$) valor para fluxo de PB foi observado para o sistema de indicador triplo, seguido pelo sistema de indicador duplo e único.

O maior valor ($P<0,0001$) para a digestibilidade ruminal da PB foi observado para a digesta coletada no retículo (Tabelas 8 e 11). Entretanto, não houve diferença ($P>0,05$) entre as digestas coletadas no abomaso ou no omaso. Dessa forma, a digesta coletada no omaso pode substituir a digesta coletada no abomaso para estimar a digestibilidade ruminal da PB. No entanto, a digesta reticular apresenta valores distintos dos observados pelos demais locais de coleta.

Tabela 11 – Digestibilidades ruminais da proteína bruta (PB) estimadas pela coleta da digesta abomasal, omasal ou reticular, utilizando três sistemas de indicadores (único, duplo ou triplo) em bovinos alimentados com silagem de milho ou cana-de-açúcar em diferentes proporções

Sistema de indicadores	Local			Médias sistema de indicadores
	Abomaso	Omaso	Retículo	
Digestibilidades Ruminais PB (%)				
Único	26,38	-1,88	30,75	18,42
Duplo	1,18	-0,13	19,75	6,93
Triplo	-29,25	-15,00	12,63	-10,54
Média SM 60:40	-0,56	-5,67	21,04	4,94
Único	16,25	-13,50	29,75	10,83
Duplo	-16,75	-9,38	-11,13	-12,42
Triplo	-7,75	-32,38	12,13	-9,33
Média SM 40:60	-2,75	-18,42	10,25	-3,64
Único	20,75	16,63	36,75	24,71
Duplo	13,63	6,50	20,50	13,54
Triplo	-18,50	-7,00	15,38	-3,37
Média Cana 60:40	5,29	5,38	24,21	11,63
Único	22,13	13,00	36,25	23,79
Duplo	4,25	-5,13	18,13	5,75
Triplo	-10,75	-21,50	-13,25	-15,17
Média Cana 40:60	5,21	-4,54	13,71	4,79
Média local	1,80 ^b	-5,81 ^b	17,30 ^a	
Médias sistema de indicadores	Único			19,44 ^A
	Duplo			3,45 ^B
	Triplo			-4,61 ^C

A utilização do sistema de indicador único para a estimativa da digestibilidade ruminal da PB apresentou o maior ($P<0,0001$) valor. O sistema de indicador duplo

apresentou valor intermediário ($P < 0,0001$) e o sistema de indicador triplo apresentou o menor ($P < 0,0001$) valor.

Houve interação ($P = 0,0006$) entre o local e o sistema de indicador para o fluxo ruminal de EE. A utilização dos sistemas único, duplo e triplo de indicadores apresentou maiores ($P < 0,0001$) valores para o fluxo de EE, quando a coleta da digesta foi realizada no abomaso e no omaso. Esse resultado pode estar relacionado ao fato de que a digesta reticular apresenta baixa percentagem de EE, dessa forma, o fluxo de EE quando a digesta é coletada no retículo foi menor (Tabelas 8 e 12).

Tabela 12 – Desdobramento da interação para os fluxos ruminais do extrato etéreo (EE) estimados pela coleta da digesta abomasal, omasal ou reticular, utilizando três sistemas de indicadores (único, duplo ou triplo) em bovinos alimentados com silagem de milho ou cana-de-açúcar em diferentes proporções

Sistema de indicadores	Fluxo ruminal EE (kg/dia)			Média
	Abomaso	Omaso	Retículo	
Único	0,25 ^{Ba}	0,28 ^{Ba}	0,07 ^{Ab}	0,20
Duplo	0,29 ^{ABa}	0,32 ^{ABa}	0,08 ^{Ab}	0,23
Triplo	0,34 ^{Aa}	0,36 ^{Aa}	0,07 ^{Ab}	0,26
Média	0,29	0,32	0,07	

Letras maiúsculas diferentes na mesma coluna diferem entre si, Letras minúsculas diferentes na mesma linha diferem entre si

O fluxo ruminal de EE foi maior ($P < 0,0001$) quando a coleta realizada no abomaso ou no omaso foi submetida ao sistema de indicador triplo em relação ao indicador único. No entanto, não houve diferença ($P > 0,05$) entre o sistema de indicador duplo e triplo.

Não foi observada diferença ($P > 0,05$) para o fluxo ruminal de EE para a digesta coletada no retículo, submetida aos diferentes sistemas de indicadores (Tabelas 8 e 12).

Houve interação ($P=0,0101$) entre o local e o sistema de indicadores para a digestibilidade ruminal do EE (Tabelas 8 e 13). A digestibilidade ruminal do EE para a digesta coletada no abomaso foi maior ($P<0,0001$) para o sistema de indicador único e duplo. No entanto, para a digesta coletada no omaso, não houve diferença ($P>0,05$) entre o sistema de indicador duplo e triplo. Por outro lado, não houve diferença ($P>0,05$) para a digestibilidade ruminal do EE da digesta reticular utilizando os diferentes sistemas de indicadores.

Tabela 13 – Desdobramento da interação para as digestibilidades ruminais do extrato etéreo (EE) estimadas pela coleta da digesta abomasal, omasal ou reticular, utilizando três sistemas de indicadores (único, duplo ou triplo) em bovinos alimentados com silagem de milho ou cana-de-açúcar em diferentes proporções

Sistema de indicadores	Digestibilidades ruminais EE (%)			
	Abomaso	Omaso	Retículo	Média
Único	-1,56 ^{Ab}	-15,91 ^{Ab}	72,31 ^{Aa}	18,28
Duplo	-17,78 ^{Ab}	-40,40 ^{ABb}	71,16 ^{Aa}	4,32
Triplo	-54,16 ^{Bb}	-49,72 ^{Bb}	87,30 ^{Aa}	-5,52
Média	-24,50	-35,35	76,93	

Letras maiúsculas diferentes na mesma coluna diferem entre si; Letras minúsculas diferentes na mesma linha diferem entre si

A digestibilidade ruminal do EE, utilizando-se a digesta reticular, foi maior ($P<0,0001$) para todos os sistemas de indicadores utilizados em relação às digestas abomasal e omasal.

Para qualquer sistema de indicador, a digestibilidade ruminal do EE, utilizando-se a digesta reticular, foi maior ($P<0,0001$) e apresentou valor positivo. Desta forma, pode-se inferir que a utilização da digesta reticular para a estimativa da digestibilidade ruminal do EE resulta em resultados viesados. Isso pode ser devido à produção de ácidos graxos que ocorre no rúmen e como o valor observado para a digesta reticular foi

positivo, possivelmente a digesta coletada no retículo não foi representativa da digesta que estaria saindo do rúmen.

O fluxo ruminal de FDNcp foi maior ($P < 0,0001$) para a digesta coletada no retículo, enquanto o de CNF foi menor ($P < 0,0001$) para a digesta coletada no abomaso (Tabelas 8 e 14). No entanto, não houve diferença ($P > 0,05$) para os fluxos de FDNcp entre as digestas coletadas no abomaso e omaso, e para os fluxos de CNF entre as digestas coletadas no omaso e no retículo. Da mesma forma, Hristov (2007) observou que o fluxo de FDNcp foi superestimado ao se utilizar a digesta coletada no retículo. De acordo com esse autor, esse resultado pode ser explicado pelo processo de digestão da fibra que ocorre no omaso. Assim, a amostra coletada no retículo não teria passado por esse processo digestivo e não deveria ser utilizada para estimar o fluxo de FDNcp.

O fluxo de FDNcp foi maior ($P = 0,0017$) para o sistema de indicador único em relação ao sistema de indicador triplo. No entanto, não houve diferença ($P > 0,05$) entre os sistemas de indicador duplo e triplo. Dessa forma, o sistema de indicador triplo poderia ser substituído pelo sistema de indicador duplo. A utilização do sistema de indicador duplo facilita a execução do experimento, por não ser necessária a centrifugação da amostra, além de diminuir os custos com o indicador Yb e com as análises laboratoriais, visto que, menos amostras seriam necessárias para o cálculo da estimativa do fluxo ruminal.

Os sistemas de indicador duplo e triplo apresentaram maiores ($P < 0,0001$) valores para o fluxo de CNF. Da mesma forma, o sistema de indicador triplo poderia ser substituído pelo sistema de indicador duplo, uma vez que os dois foram similares ($P > 0,05$) para a estimativa do fluxo de CNF.

Tabela 14 – Fluxos e digestibilidades ruminais da FDNcp e dos CNF estimados pela coleta da digesta abomasal, omasal ou reticular, utilizando três sistemas de indicadores (único, duplo ou triplo) em bovinos cruzados alimentados com silagem de milho ou cana-de-açúcar em diferentes proporções

Sistema de indicadores	Local			Médias sistema de indicadores	Local			Médias sistema de indicadores
	Abomaso	Omaso	Retículo		Abomaso	Omaso	Retículo	
	Fluxos FDNcp (kg/dia)				Digestibilidades Ruminais FDNcp (%)			
Único	1,11	1,46	1,49	1,35	62,00	50,88	49,00	53,96
Duplo	1,16	1,37	1,59	1,37	60,88	52,75	45,88	53,17
Triplo	1,11	1,18	1,47	1,25	54,88	60,38	48,25	54,50
Média SM 60:40	1,13	1,34	1,52	1,33	59,25	54,67	47,71	53,88
Único	1,08	1,23	1,45	1,25	57,88	50,63	41,13	49,88
Duplo	1,15	1,14	1,30	1,20	56,38	54,00	48,00	52,79
Triplo	1,06	1,20	1,33	1,20	49,50	48,75	46,25	48,17
Média SM 40:60	1,10	1,19	1,36	1,22	54,59	51,13	45,13	50,28
Único	1,19	1,16	1,33	1,23	43,38	43,88	36,75	41,34
Duplo	0,99	1,16	1,30	1,15	51,75	44,63	38,38	44,92
Triplo	0,97	1,19	1,25	1,14	45,38	43,50	41,38	43,42
Média Cana 60:40	1,05	1,17	1,29	1,17	46,84	44,00	38,84	43,23
Único	1,14	1,09	1,25	1,16	42,50	44,50	36,88	41,29
Duplo	1,01	1,07	1,13	1,07	48,50	44,88	41,88	45,09
Triplo	0,95	1,05	0,98	0,99	43,88	45,38	43,50	44,25
Média Cana 40:60	1,03	1,07	1,12	1,07	44,96	44,92	40,75	43,54
Média local	1,08 ^b	1,19 ^b	1,32 ^a		51,41 ^a	48,68 ^a	43,11 ^b	
Médias sistema de indicadores				1,25 ^A				46,62 ^A
				1,20 ^{AB}				48,99 ^A
				1,15 ^B				47,41 ^A
	Fluxos CNF (kg/dia)				Digestibilidades Ruminais CNF (%)			
Único	1,25	1,19	0,94	1,13	70,63	71,25	76,38	72,75
Duplo	1,31	1,17	1,30	1,26	67,38	69,13	65,38	67,30
Triplo	1,77	1,31	1,06	1,38	55,25	69,00	72,38	65,54
Média SM 60:40	1,44	1,22	1,10	1,26	64,42	69,79	71,38	68,53
Único	1,60	1,31	0,96	1,29	70,88	74,75	80,88	75,50
Duplo	2,02	1,35	1,34	1,57	63,50	72,63	71,88	69,34
Triplo	1,78	1,56	1,17	1,50	65,38	71,25	76,13	70,92
Média SM 40:60	1,80	1,41	1,16	1,45	66,59	72,88	76,30	71,92
Único	1,01	0,81	0,76	0,86	77,63	81,63	81,88	80,38
Duplo	1,09	0,90	1,02	1,00	74,38	78,75	74,25	75,79
Triplo	1,39	0,93	0,95	1,09	66,38	77,38	77,38	73,71
Média Cana 60:40	1,16	0,88	0,91	0,98	72,80	79,25	77,84	76,63
Único	1,39	0,96	0,83	1,06	75,25	82,25	84,63	80,71
Duplo	1,56	1,28	1,03	1,29	72,00	77,50	79,75	76,42
Triplo	1,63	1,46	1,27	1,45	69,38	74,50	76,63	73,50
Média Cana 40:60	1,53	1,23	1,04	1,27	72,21	78,08	80,34	76,88
Média local	1,48 ^a	1,19 ^b	1,05 ^b		69,00 ^b	75,00 ^a	76,46 ^a	
Médias sistema de indicadores				0,87 ^B				77,34 ^A
				1,28 ^A				72,21 ^B
				1,36 ^A				70,92 ^B

Goetsh & Galvayan (1983) afirmaram que com a utilização de dois indicadores a estimativa para o fluxo ruminal poderia ser mensurada acuradamente, visto que a fase líquida e a fase de pequenas partículas não se separam durante a passagem da digesta. Da mesma forma, Hess et al. (1996) utilizaram o sistema de indicador duplo para estimar a cinética ruminal.

A digestibilidade ruminal da FDNcp foi maior ($P < 0,0001$) para a digesta coletada no abomaso e no omaso (Tabelas 8 e 14). O menor valor observado para a digesta coletada no retículo pode ser explicado pelo fato de que há digestão da fibra no omaso e além disso, parte da digesta coletada no retículo poderia voltar ao rúmen para que o processo de digestão da fibra continuasse (Hristov, 2007).

Os maiores valores ($P = 0,0002$) para a digestibilidade ruminal do CNF foram observados para a digesta coletada no omaso e no retículo.

Não houve diferença ($P > 0,05$) para a digestibilidade ruminal da FDNcp para os diferentes sistemas de indicadores utilizados.

Observa-se maior valor ($P < 0,0001$) para a digestibilidade dos CNF para o sistema de indicador único. No entanto, não houve diferença entre os sistemas de indicador duplo e triplo.

Digestibilidades intestinais da MS e dos componentes da digesta

A digestibilidade intestinal da MS foi menor ($P < 0,0001$) para as digestas coletadas no abomaso e no retículo (Tabelas 8 e 15). No entanto, ao se comparar a digestibilidade intestinal da MO, os maiores ($P = 0,0002$) valores são observados para a digesta coletada no abomaso e no omaso. A discussão em termos de MO parece ser mais adequada em relação ao valor expresso em MS, visto que há diferenças na composição das digestas quanto aos teores de cinzas. Desta forma, a coleta da digesta

omasal pode substituir a digesta abomasal para estimar a digestibilidade intestinal da MO.

As digestibilidades intestinais da MS e da MO foram maiores ($P < 0,0001$) para o sistema de indicador triplo, seguido pelo sistema de indicador duplo e pelo sistema de indicador único (Tabelas 8 e 15).

A digestibilidade intestinal da FDNcp foi maior ($P = 0,0001$) para a digesta coletada no retículo (Tabelas 8 e 15). Valores similares ($P > 0,05$) foram observados para as digestas coletadas no abomaso e no omaso.

A digestibilidade intestinal dos CNF foi maior ($P < 0,0001$) para a digesta coletada no abomaso em comparação com as demais digestas.

Não houve diferença ($P > 0,05$) para a digestibilidade intestinal da FDNcp para os diferentes sistemas de indicadores utilizados. Dessa forma, o sistema de indicador duplo ou único pode substituir o sistema de indicador triplo para estimar a digestibilidade intestinal da FDNcp.

A digestibilidade intestinal do CNF foi maior ($P < 0,0001$) para os sistemas de indicador duplo e triplo. Da mesma forma, o sistema de indicador duplo pode ser utilizado em substituição ao sistema de indicador triplo para estimar a digestibilidade intestinal dos CNF.

Tabela 15 – Digestibilidades intestinais da MS, MO, FDNcp e dos CNF estimados pela coleta da digesta abomasal, omasal ou reticular, utilizando três sistemas de indicadores (único, duplo ou triplo) em bovinos cruzados alimentados com silagem de milho ou cana-de-açúcar em diferentes proporções

Sistema de indicadores	Local			Médias sistema de indicadores	Local			Médias sistema de indicadores
	Abomaso	Omaso	Retículo		Abomaso	Omaso	Retículo	
	Digestibilidades intestinais MS (%)				Digestibilidades intestinais FDNcp (%)			
Único	24,75	44,50	33,00	34,08	-9,75	6,38	12,50	3,04
Duplo	36,88	47,63	39,88	41,16	-10,88	7,00	11,00	2,37
Triplo	50,88	49,25	44,75	48,29	-5,00	1,00	8,00	1,33
Média SM 60:40	37,50	47,13	39,21	41,28	-8,54	4,79	10,50	2,25
Único	42,63	54,63	41,13	46,13	-6,63	0,13	17,63	3,71
Duplo	54,13	57,63	50,25	54,00	6,25	1,63	8,13	5,34
Triplo	54,88	61,38	52,00	56,09	5,63	6,88	10,25	7,59
Média SM 40:60	50,55	57,88	47,79	52,07	1,75	2,88	12,00	5,54
Único	43,88	46,00	40,50	43,46	1,63	0,38	10,75	4,25
Duplo	48,88	53,25	47,13	49,75	-6,00	-2,25	11,13	0,96
Triplo	56,38	55,75	50,75	54,29	-4,38	5,50	1,63	0,92
Média Cana 60:40	49,71	51,67	46,13	49,17	-2,92	1,21	7,84	2,04
Único	54,25	52,88	43,38	50,17	4,00	0,63	13,00	5,88
Duplo	58,63	60,12	45,13	54,63	-0,63	1,88	4,75	2,00
Triplo	60,13	61,50	56,88	59,50	-4,63	1,63	1,63	-0,46
Média Cana 40:60	57,67	58,17	48,46	54,77	-0,42	1,38	6,46	2,47
Média local	48,86 ^b	53,71 ^a	45,40 ^b		-2,53 ^b	2,57 ^b	9,20 ^a	
Médias sistema de indicadores				43,46 ^C				4,22 ^A
				49,96 ^B				2,67 ^A
				53,36 ^A				3,08 ^A
	Digestibilidades intestinais MO (%)				Digestibilidades intestinais CNF (%)			
Único	16,50	35,75	22,75	25,00	44,75	43,38	34,63	40,92
Duplo	28,13	37,50	28,88	31,50	47,63	53,50	50,13	50,42
Triplo	43,75	40,63	30,63	38,34	60,63	47,63	43,75	50,67
Média SM 60:40	29,46	37,96	27,42	31,61	51,00	48,17	42,84	47,34
Único	34,88	47,13	32,25	38,09	59,63	53,75	47,00	53,46
Duplo	44,25	49,25	40,25	44,58	64,25	53,13	50,75	56,04
Triplo	45,50	52,00	43,88	47,13	54,88	66,75	45,00	55,54
Média SM 40:60	41,54	49,46	38,79	43,27	59,59	57,88	47,58	55,02
Único	36,25	37,63	31,63	35,17	58,38	49,38	50,13	52,63
Duplo	39,75	43,50	37,88	40,38	65,25	56,13	59,75	60,38
Triplo	49,25	47,75	42,50	46,50	72,63	61,13	64,13	65,96
Média Cana 60:40	41,75	42,96	37,34	40,68	65,42	55,55	58,00	59,66
Único	48,38	45,38	34,50	42,75	64,63	55,38	44,00	54,67
Duplo	51,25	52,00	34,75	46,00	64,25	58,75	56,00	59,67
Triplo	53,63	55,50	48,25	52,46	68,38	59,88	61,50	63,25
Média Cana 40:60	51,09	50,96	39,17	47,07	65,75	58,00	53,83	59,20
Média local	40,96 ^a	45,34 ^a	35,68 ^b		60,44 ^a	54,90 ^b	50,56 ^b	
Médias sistema de indicadores				35,25 ^C				50,42 ^B
				40,62 ^B				56,63 ^A
				46,11 ^A				58,86 ^A

A digestibilidade intestinal da PB foi maior ($P=0,0016$) para as digestas coletadas no abomaso e no omaso (Tabelas 8 e 16). A digesta coletada no retículo apresentou valor diferente ($P=0,0016$) dos demais locais de coleta.

Não houve diferença ($P>0,05$) entre os sistemas de indicadores utilizados para estimar a digestibilidade intestinal da PB. Dessa forma, o sistema de indicador duplo ou único pode substituir o sistema de indicador triplo para estimar a digestibilidade intestinal da PB.

Tabela 16 – Digestibilidades intestinais da proteína bruta (PB) estimadas pela coleta da digesta abomasal, omasal ou reticular, utilizando três sistemas de indicadores (único, duplo ou triplo) em bovinos cruzados alimentados com silagem de milho ou cana-de-açúcar em diferentes proporções

Sistema de indicadores	Local			Médias sistema de indicadores
	Abomaso	Omaso	Retículo	
	<u>Digestibilidades Intestinais PB (%)</u>			
Único	45,13	63,88	46,00	51,67
Duplo	56,25	62,13	46,13	54,84
Triplo	71,50	68,00	19,63	53,04
Média SM 60:40	57,63	64,67	37,25	53,18
Único	59,38	72,38	56,13	62,63
Duplo	72,75	72,63	69,38	71,59
Triplo	69,00	76,63	66,38	70,67
Média SM 40:60	67,04	73,88	63,96	68,30
Único	64,25	67,00	56,00	62,42
Duplo	68,63	70,13	63,25	67,34
Triplo	76,75	74,13	22,13	57,67
Média Cana 60:40	69,88	70,42	47,13	62,47
Único	65,50	68,63	58,25	64,13
Duplo	71,75	74,38	62,88	69,67
Triplo	75,25	77,50	76,38	76,38
Média Cana 40:60	70,83	73,50	65,84	70,06
Média local	66,35 ^a	70,62 ^a	53,55 ^b	
Médias sistema de indicadores	Único			60,21 ^A
	Duplo			65,86 ^A
	Triplo			62,86 ^A

Aplicando-se o teste de Lucas (Lucas, 1960) para avaliar o coeficiente de digestibilidade verdadeiro e a fração metabólica fecal para a proteína bruta e considerando o abomaso como referência para as comparações, não foram observadas

diferenças ($P>0,05$) entre o abomaso e o omaso e entre o abomaso e o retículo (Tabela 17). No entanto, ao se avaliar apenas o omaso e o retículo, observa-se que há diferença ($P=0,0046$) para a fração metabólica fecal entre esses dois locais de amostragem. Assim, a diferença observada entre o omaso e o retículo, ao se avaliar apenas a digestibilidade intestinal da proteína bruta, pode ser explicada pela fração metabólica fecal, que foi diferente entre esses locais. As digestas coletadas no omaso e no retículo foram similares ($P>0,05$) quanto ao coeficiente de digestibilidade verdadeiro da proteína bruta.

Tabela 17 – Coeficiente de digestibilidade intestinal verdadeiro (CDv) da proteína bruta (PB) e fração metabólica fecal (FMF) estimados para as digestas coletadas no abomaso, omaso ou retículo, utilizando três sistemas de indicadores (triplo, duplo e único) em bovinos cruzados alimentados com silagem de milho ou cana-de-açúcar em diferentes proporções

Itens	CDv ¹	Valor P	FMF ²	Valor P
Local				
Abomaso	87,02		-0,1700	
Omaso	86,98	0,1415	-0,1231	0,1021
Retículo	87,03	0,5668	-0,2045	0,1835
Omaso × Retículo		0,0577		0,0046
Sistema de indicadores				
Triplo	84,30		-0,1687	
Duplo	84,34	0,1322	-0,1862	0,5101
Único	84,47	0,4898	-0,1443	0,3771
Duplo × Único		0,3889		0,1475

¹Coeficiente de digestibilidade verdadeiro, ²Fração metabólica fecal

Da mesma forma, aplicou-se o Teste de Lucas (Lucas, 1960) para avaliar o coeficiente de digestibilidade verdadeiro e a fração metabólica fecal para a proteína bruta utilizando três sistemas de indicadores (único, duplo e triplo). O sistema de indicador triplo foi utilizado como referência para as comparações. Não foram observadas diferenças ($P>0,05$) para os sistemas de indicadores único e duplo em

relação ao sistema de indicador triplo. Da mesma forma, não houve diferença ($P>0,05$) entre os sistemas de indicadores único e duplo para o coeficiente de digestibilidade verdadeiro e a fração metabólica fecal da proteína bruta. Dessa forma, qualquer sistema de indicador poderia ser utilizado para avaliar as estimativas do coeficiente de digestibilidade verdadeiro e para a fração metabólica fecal.

Houve interação ($P=0,0392$) entre o local e o sistema de indicadores para a digestibilidade intestinal do EE, dessa forma, o desdobramento da interação está apresentado na Tabela 18.

Tabela 18 – Desdobramento da interação para a digestibilidade intestinal do extrato etéreo (EE) estimada pela coleta da digesta abomasal, omasal ou reticular, utilizando três sistemas de indicadores (único, duplo ou triplo) em bovinos alimentados com silagem de milho ou cana-de-açúcar em diferentes proporções

Digestibilidade intestinal EE (%)				
Sistema de indicadores	Local			Média
	Abomaso	Omaso	Retículo	
Único	80,03 ^{Cb}	102,63 ^{Ba}	11,81 ^{Ac}	64,82
Duplo	100,03 ^{Ba}	120,31 ^{Aa}	10,13 ^{Ab}	76,82
Triplo	130,25 ^{Aa}	132,59 ^{Aa}	-6,63 ^{Bb}	85,40
Média	103,44	118,51	5,10	

Letras maiúsculas diferentes na mesma coluna diferem entre si, Letras minúsculas diferentes na mesma linha diferem entre si

A digestibilidade intestinal do EE da digesta abomasal foi maior ($P<0,0001$) para o sistema de indicador triplo. O sistema de indicador duplo apresentou valor intermediário ($P<0,0001$) e o sistema de indicador único apresentou o menor ($P<0,0001$) valor.

Por outro lado, a digestibilidade intestinal do EE da digesta omasal foi maior ($P<0,0001$) para os sistemas duplo e triplo de indicadores.

A digestibilidade intestinal do EE da digesta reticular foi maior ($P < 0,0001$) para os sistemas de indicadores único e duplo.

O sistema único de indicador apresentou o maior valor ($P < 0,0001$) quando a digesta foi coletada no omaso, valor intermediário ($P < 0,0001$) para a digesta coletada no abomaso e o menor ($P < 0,0001$) valor para a digesta coletada no retículo.

Os sistemas duplo e triplo de indicadores apresentaram maiores ($P < 0,0001$) valores para as digestibilidades intestinais do EE para as digestas coletadas no abomaso e no omaso.

Os menores valores observados para as digestas coletadas do retículo podem ser explicados pelo menor valor de EE observado na digesta reticular, fato esse que pode estar relacionado ao fato da digesta reticular não ser representativa da digesta que deixa o retículo em direção ao omaso.

Bactérias isoladas

Não houve efeito ($P > 0,05$) para a interação entre o local de amostragem e a dieta para os componentes avaliados (Tabela 19). Entretanto, as percentagens de MO (MS) da BAL coletadas no abomaso e no omaso foram maiores ($P < 0,0001$) em relação à BAL coletada no retículo. Por outro lado, a percentagem de MO (MS) da BAP foi menor ($P < 0,0001$) para a digesta coletada no retículo, intermediária ($P < 0,0001$) para a digesta coletada no omaso e maior ($P < 0,0001$) para a digesta coletada no abomaso. Krizsan et al. (2010) observaram diferença para a MO (% da MS) entre as digestas omasal e reticular apenas para a BAL.

A percentagem de N (MO) da BAL foi maior ($P = 0,0486$) para as digestas coletadas no omaso e no retículo em comparação à digesta coletada no abomaso. Da mesma forma, foi observada para BAP, onde maiores ($P < 0,0001$) valores foram

observados para as digestas omasal e reticular. De acordo com Faichney et al. (1997), o menor valor de N (MO) observado para BAL e BAP na digesta abomasal pode ser devido ao baixo pH abomasal.

Tabela 19 – Composição e enriquecimento com átomos de ¹⁵N das bactérias associadas ao líquido (BAL) e às partículas (BAP) isoladas nas digestas abomasal, omasal e reticular e comparação do enriquecimento com átomos de ¹⁵N para BAL e BAP em bovinos cruzados alimentados com silagem de milho ou cana-de-açúcar em diferentes proporções

Tipo de bactérias	Local de amostragem			Desvio padrão		P valor ⁴		
	Abomaso	Omaso	Retículo	1	2	Local	L×D	
	MO ⁴ (% na MS)							
BAL ⁵	82,44 ^a	82,34 ^a	76,59 ^b	0,0409	0,0462	<0,0001	0,7106	
BAP ⁶	85,75 ^a	81,13 ^b	77,97 ^c	0,0501	0,0498	<0,0001	0,5065	
	N ⁷ (% MO)							
BAL ⁵	7,97 ^b	8,24 ^a	8,25 ^a	0,0070	0,0008	0,0486	0,0529	
BAP ⁶	6,53 ^b	7,78 ^a	8,06 ^a	0,0105	0,0008	<0,0001	0,4964	
	¹⁵ N enriquecimento (% átomos em excesso)							
BAL ⁵	0,0913 ^b	0,0919 ^b	0,1038 ^a	0,0071	0,0232	<0,0001	0,1918	
BAP ⁶	0,0891 ^b	0,0928 ^b	0,1056 ^a	0,0099	0,0260	<0,0001	0,5047	
				Desvio Padrão			P valor ⁸	
¹⁵ N enriquecimento (% átomos em excesso)	BAL ⁵	BAP ⁶		1	2	3	Tipo	T×L
	0,0968	0,0958		0,000005	0,0473	0,0131	0,3842	0,3008

¹Desvio padrão entre as unidades experimentais, ²Desvio padrão entre os locais dentro das unidades experimentais, ³Desvio padrão entre BAL e BAP dentro dos locais, ⁴Efeito principal para o local de amostragem. As interações entre o local de amostragem e dieta não foram significativas (P=0,0529 até 0,7106), ⁴Matéria orgânica, ⁵Bactéria associada ao líquido, ⁶Bactéria associada à partícula, ⁷Nitrogênio, ⁸Efeito principal para o tipo de bactéria isolada

No entanto, para o enriquecimento com átomos de ¹⁵N para BAL e BAP, os maiores (P<0,0001) valores foram observados para a digesta coletada no retículo. Valores similares (P>0,05) foram observados para BAL e BAP nas digestas coletadas no abomaso e omaso. O enriquecimento com átomos de ¹⁵N para BAL e BAP dentro dos locais de coleta foi próximo. Da mesma forma, Krizsan et al. (2010) observaram valores próximos para BAL e BAP dentro de um mesmo local de coleta. No entanto,

alguns estudos (Martin et al., 1994; Faichney et al., 1997; Ahvenjatvi et al., 2002; Reynal et al., 2005; Brito et al., 2006) obtiveram valores diferentes para o enriquecimento para BAL e BAP, provavelmente causada pela diferente utilização de N oriundo do *pool* amoniacal livre pela BAL e BAP.

Assim, a substituição da coleta realizada no abomaso pela coleta omasal pode ser recomendada para estimar o enriquecimento com átomos de ^{15}N nas bactérias associadas ao líquido e nas bactérias associadas às partículas.

Ao se comparar o enriquecimento com átomos de ^{15}N para BAL e BAP, observa-se que o mesmo foi similar ($P>0,05$) para as duas classes de bactérias isoladas. Isto sugere que possa ser utilizado o enriquecimento médio entre BAL e BAP para estimar a síntese de proteína microbiana.

De uma maneira geral, os dados de fluxo e digestibilidade obtidos com amostras coletadas no retículo foram diferentes daqueles obtidos para as digestas coletadas no omaso e abomaso. Assim, apesar da amostragem reticular ser mais fácil, mais pesquisas deverão ser feitas para confirmar esses resultados.

Além disso, considerando que as pequenas partículas deixam o rúmen sempre associadas à fase líquida; considerando que não há diferença para os sistemas de indicador duplo e triplo para a maioria dos dados avaliados e considerando ainda o tempo, o trabalho e o número excessivo de análises, não se justifica o uso do sistema de indicador triplo.

Conclusões

Considerando que as coletas realizados no omaso são feitas via fístula ruminal, recomenda-se sua utilização como alternativa à coleta da digesta abomasal, visto que as duas apresentam resultados similares para a maioria dos parâmetros avaliados. No

entanto, não é recomendada a utilização da coleta reticular. Baseado na ausência de diferenças entre os sistemas de indicadores para a digestão ruminal e intestinal da FDNcp, para a digestão intestinal da PB e para as estimativas das digestibilidades verdadeiras da PB, pode ser recomendado o uso de qualquer sistema de indicadores. Contudo, apesar de ter havido diferença entre os sistemas de indicadores duplo e triplo para a digestão ruminal da MS e da MO, essas são pequenas do ponto de vista biológico (valores médios de digestibilidades ruminais maiores 5,78 para MS e 7,5% para a MO no sistema duplo); não há diferença para as digestões ruminais e intestinais dos carboidratos, e dessa forma, pode-se recomendar a utilização do sistema de indicador duplo (FDNi e Co-EDTA), que é acessível para qualquer instituição de pesquisa devido ao baixo custo.

Referências

- AHVENJÄRVI, S.; VANHATALO, A.; HUHTANEN, P.; VARVIKKO, T. Determination of reticulo-rumen and whole-stomach digestion in lactating cows by omasal canal or duodenal sampling. **British Journal of Nutrition**, v.83, p.67–77, 2000.
- AHVENJÄRVI, S.; VANHATALO, A.; HUHTANEN, P. Supplementing barley or rapeseed meal to dairy cows feed grass-red clover silage: I. Rumen degradability and microbial flow. **Journal of Animal Science**, v.802, p.2176-2187, 2002.
- AHVENJÄRVI, S.; VANHATALO, A.; SHINGFIELD, K.J.; HUHTANEN, P. Determination of digesta flow entering the omasal canal of dairy cows. **British Journal of Nutrition**, v.90, p.41-52, 2003.
- ARMENTANO, L.E.; & RUSSEL, R.W. Method for calculating digesta flow and apparent absorption of nutrients from nonrepresentative samples of digesta. **Journal of Dairy Science**, v.68, p.3067-3070, 1985.
- ASH, R.W. Gastro-intestinal re-entrant cannulae for studies of digestion in sheep. **Animal Production**, v.4, p.309-311, 1962.
- BRITO, A.F.; BRODERICK, G.A.; REYNAL, S.M. Effect of varying dietary ratios of alfalfa silage to corn silage on omasal flow and microbial protein synthesis in dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.89, p.3939-3953, 2006.
- BRODERICK, G.A. & MERCHEN, N.R. Markers for quantifying microbial protein synthesis in the rumen. **Journal of Dairy Science**, v.75, p.2618– 2632, 1992.
- CRAWFORD, G.I.; KEELER, C.D.; WAGNER, J.J.; KREHBIEL, C.R.; ERICKSON, G.E.; CROMBIE, M.B.; NUNNERY, G.A. Effects of calcium magnesium carbonate and roughage level on feedlot performance, ruminal metabolism, and site

- and extend of digestion in steers fed high-grain diets. **Journal of Animal Science**, v.86, p.2998-3013, 2008.
- DARDILLAT, C. & BAUMONT, R. Physical characteristics of reticular content in the bovine and consequences on reticular outflow. **Reproduction of Nutrition Development**, v.32, p.21–36, 1992.
- DETMANN, E. & VALADARES FILHO, S.C. On the estimation of non-fibrous carbohydrates in feeds and diets. **Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária e Zootecnia.**, v.62, p.980-984, 2010.
- ENGELHARDT, W.V. & HAUFFE, R. **Role of the omasum in absorption and secretion of water and electrolytes in sheep and goats.** Pages 217–230 in Digestion and Metabolism in the Ruminant. Proc. IV Int. Symp. Rumin. Physiol. I. W. McDonald and A. C.I. Warner, ed. The Univ. of New England Publ. Unit, Sydney, Australia, 1975.
- FAICHNEY, G.J. **Digesta flow.** In Quantitative Aspects of Ruminant Digestion and Metabolism, pp. 53–85 [JM Forbes and J France, editors]. Wallingford, UK: CAB International, 1993.
- FAICHNEY, G.J.; PONCET, C.; LASSALAS, B.; JOUANY, J.P.; MILLET, L.; DORÉ, J.; BROWNLEE, A.G. Effects of concentrated in a hay diet on the contribution of anaerobic fungi, protozoa and bacteria to nitrogen in rumen and duodenal digesta in sheep. **Animal Feed Science and Technology**, v.64, p.193-213, 1997.
- FIRKINS, J.L. Maximizing microbial protein synthesis in the rumen. **Journal of Nutrition**, v.126, p.1347-1354, 1996.
- FRANCE, J. & SIDDON, R.C. Determination of digesta flow by continuous marker infusion. **Journal of Theoretical Biology**. v.121, p.105–120, 1986.

- GOETSCH, A.L. & GALYEAN, M.L. Influence of feeding frequency on passage of fluid and particulate markers in steers fed a concentrate diet. **Canadian Journal of Animal Science**, v.63, p.727, 1991.
- HARMON, D.L. & RICHARDS, C.J. Considerations for gastrointestinal cannulations in ruminants. **Journal of Animal Science**, v.75, p.2248-2255, 1997.
- HESS, B.W.; KRYSL, L.J.; JUDKINS, M.B.; HOLCOMBE, D.W.; HESS, J.D.; HANKS, D.R.; HUBER, S.A. Supplemental cracked corn or wheat bran for steers grazing endophyte-fescue pasture: effects on live weight gain, nutrient quality, forage intake, particulate and fluid kinetics, ruminal fermentation, and digestion. **Journal of Animal Science**, v.74, p.1116-1125, 1996.
- HRISTOV, A.N. & BRODERICK, G.A. Synthesis of microbial protein in ruminally cannulated cows fed alfalfa silage, alfalfa hay, or corn silage. **Journal of Dairy Science**, v.79, p.1627–1637, 1996.
- HRISTOV, A.N. Comparative characterization of reticular and duodenal digesta and possibilities of estimating microbial outflow from the rumen based on reticular sampling in dairy cows. **Journal of Animal Science**, v.85, p.2606–2613, 2007.
- HUHTANEN, P.; KAUSTELL, K.; JAAKKOLA, S. The use of internal markers to predict total digestibility and duodenal flow of nutrients in cattle given six different diets. **Animal Feed Science and Technology**, v.48, p.211-227, 1994.
- HUHTANEN, P.; BROTZ, P.G.; SATTER, L.D. Omasal sampling technique for assessing fermentative digestion in the forestomach of dairy cows. **Journal of Animal Science**, v.75, p.1380–1392, 1997.
- KRIZSAN, S.J.; AHVENJÄRVI, S.; VOLDEN, H.; BRODERICK, G.A. Estimation of rumen outflow in dairy cows fed grass silage-based diets by use of reticular

- sampling as an alternative to sampling from the omasal canal. **Journal of Dairy Science**, v.9, p.1138–1147, 2010.
- LEÃO, M.I. **Metodologias de coletas de digestas omasal e abomasal em novilhos submetidos a três níveis de ingestão: consumo, digestibilidade e produção microbiana**. 2002, p.57. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2002.
- LUCAS, H.L. **Relations between apparent digestibility and the composition of feed and feces. 1: A quantitative theory**. North Caroline State College, Raleigh, 1960.
- MAGALHÃES, F.A. **Cana-de-açúcar ensilada com diferentes graus brix com ou sem óxido de cálcio e silagem de milho em dietas para bovinos de corte**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa”, 2010. 145p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 2010.
- MARTIN, C. WILLIAMS, A.G.; MICHALET, D.B. Isolation and characteristics of the protozoal and bacterial fractions from bovine ruminal contents. **Journal of Animal Science**, v.72, p.2962-2968, 1994.
- MCBRIDE, B.W.; MILLIGAN, L.P. TURNER, B.V. Endoscopic observations of digesta transfer from the reticulo-rumen to omasum of cattle. **Canadian Journal of Animal Science**, v.64, suppl, p.84-85, 1984.
- MCDUGALL, E.I. Studies on ruminant saliva. 1. The composition and output of sheep’s saliva. **Biochemical Journal**, v.43, p.99-109, 1948.
- MENEZES, G.C.C.; VALADARES FILHO, S.C.; MAGALHÃES, F.A.; VALADARES, R.F.D.; MARIZ, L.D.; DETMANN, E.; PEREIRA, O.G.; LEÃO, M.I. Total and partial digestibility, rates of digestion obtained with rumen evacuation and microbial protein synthesis in bovines fed fresh or ensiled sugar cane and corn silage. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, p.1104-1113, 2011.

- MERTENS, D.R.; ALLEN, M.; CARMANY, J.; CLEGG, J.; DAVIDOWICZ, A.; DROUCHES, M.; FRANK, K.; GAMBIN, D.; GARKIE, M.; GILDEMEISTER, B.; JEFFRESS, D.; JEON, C.S.; JONES, D.; KAPLAN, D.; KIM, G.N.; KOBATA, S.; MAIN, D.; MOUA, X.; PAUL, B.; ROBERTSON, J.; TAYSON, D.; THIEX, N.; WILLIAMS, J.; WOLF, M. Gravimetric detergmination of amylase-treated neutral detergent fiber in feeds with refluxing in beakers or crucibles: Collaborative study. *Journal of AOAC International*, v.85, p.1217-1240, 2002.
- NATIONAL FORAGE TESTING ASSOCIATION. **Laboratory dry matter by microwave drying to constant weight.** In: Forage analyses procedures. 1993.
- OKINE, E.K. & MATHISON, G.W. Effects of feed intake on particle distribution, passage of digesta, and extent of digestion in the gastrointestinal tract of cattle. *Journal of Animal Science*, v.69, p.3435-3445, 1991.
- OLDICK, B.S.; FIRKINDS, J.L.; ST-PIERRE, N.R. Estimation of microbial nitrogen flow to the duodenum of cattle based on dry matter intake and diet composition. *Journal of Dairy Science*, v.82, p.1497-1511, 1999.
- ORTIGUES, I.; OLDHAM, J.D; SMITH, T; DE COURTENAY, MB & SIVITER, J.W. A comparison between ytterbium acetate, ruthenium phenanthroline and indigestible acid detergent fibre in a double-marker system for intestinal flow measurements in steers. *Journal of Agricultural Science*, v.114, p.69–77, 1990.
- OWENS, F.N. & HANSON, C.F. External and internal markers for appraising site and extent of digestion in ruminants. *Journal of Dairy Science*, v.75, p.2605–2617, 1992.
- PRESTON, T.R. Nutritional limitations associated with the feeding of tropical forages. *Journal of Animal Science*, v.54, p.877-884, 1982.
- PRITCHARD, R.H. & MALES, J.R. Effect of crude protein and ruminal ammonia-N on digestibility and ruminal outflow in beef cattle fed wheat straw. *Journal of Animal Science*, v.60, p.822-831, 1985.

- PUNIA, B.S.; J. LEIBHOLZ; FAICHNEY, G.J. Effects of level of intake and urea supplementation of alkali-treated straw on protozoal and bacterial nitrogen synthesis in the rumen and partition of digestion in cattle. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.39, p.1181– 1194, 1988.
- REYNAL, S.M.; BRODERICK, G.A.; AHVENJÄRVI, S.; HUHTANEN, P. Effect of feeding protein supplements of differing degradability on omasal flow of microbial and undegraded protein. **Journal of Dairy Science**, v.86, p.1292–1305, 2003.
- REYNAL, S.M.; BRODERICK, G.A.; BEARZI, C. Comparison of four markers for quantifying microbial protein flow from the rumen of lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.88, p.4065-4082, 2005.
- RIBEIRO, S.S.; VASCONCELOS, J.T.; MORAIS, M.G.; ÍTAVO, C.B.C.F.; FRANCO, G.L. Effects of ruminal infusion of slow-release polymer-coated urea or conventional urea on apparent nutrient digestibility, in situ degradability, and rumen parameters in cattle fed low-quality hay. **Animal Feed Science and Technology**, v.164, p.53-61, 2011.
- RUPP, G.P.; KREIKEMEIR, K.K.; PERINO, L.J.; ROSS, G.S. Measurement of volatile fatty acid disappearance and fluid flux across the abomasum of cattle utilizing an improved omasal cannulation technique. **American Journal of Veterinary Research**, v.55, p.522-529, 1994.
- SATTER, L.D. & ROFFLER, R.E. Nitrogen requirement and utilization in dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, v.58, p.1219-1237, 1975.
- SIDDONS, B.Y.R.C.; PARADINE, J.; BEEVER, D.E.; CORNELL, P.R. Ytterbium acetate as a particulate-phase digesta flow marker. **British Journal of Nutrition**, v.54, p.509-519, 1985.

- SILVA, D.J. & QUEIROZ, A.C. **Análise de Alimentos (métodos químicos e biológicos)**. 3.ed. Viçosa: Imprensa Universitária – Universidade Federal de Viçosa, 2002. 165 p.
- SISSONS, J.W. & SMITH, R.H. Measurement of flow and sampling of digesta in the preruminant calf. **Journal of Physiology**, v.283, p.307-317, 1978.
- SUTHERLAND, T.M. **Particle separation in the forestomachs of sheep**. In: Aspects of digestive physiology in ruminants, Cornell University Press, p.43-73, 1988.
- TITGEMEYER E.C. Design and interpretation of nutrient digestion studies. **Journal of Animal Science**, v.75, p.2235–2247, 1997.
- ÚDEN, P.; COLUCCI, P.E.; VAN, S.P.J. Investigation of chromium, cerium and cobalt as markers in digesta: Rate of passage studies. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.31, p.625–632, 1980.
- UNDERSANDER, D.; MERTENS, D.R.; THIEX, N. 1993. **Forage Analyses Procedures**. Omaha: National Forage Testing Association. 135p. Disponível em: http://www.foragetesting.org/lab_procedure/labpro.pdf.
- 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 : UFV, Suprema Gráfica Ltda. 2010, 193p.
- VALADARES FILHO, S.C.; ROTTA, P.P.; COSTA E SILVA, L.F. **Técnicas de coleta duodenal, abomasal, omasal e reticular na avaliação do fluxo ruminal**. In: RENNÓ, F.P.; PRADA E SILVA, L.F. III Simpósio Internacional Avanços em Técnicas de Pesquisa em Nutrição de Ruminantes. p.14-45, Pirassununga, SP, 2011.
- VALENTE, T.N.P.; DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S.C.; QUEIROZ, A.C.; SAMPAIO, C.B.; GOMES, D.I. Avaliação dos teores de fibra em detergente neutro em forragens, concentrados e fezes bovinos moídas em diferentes tamanho e em

- sacos de diferentes tecidos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, p.1148-1154, 2011.
- WILLIAMS C.H.; DAVID, D.; RIISMAA, O. The determination of chromic oxide in faeces samples by atomic absorption spectrometry. **Journal of Agricultural Science**, v.59, p.381–385, 1962.
- XIN, H.S.; SCHAEFER, D.M.; LIU, Q.P.; AXE, D.E.; MENG, Q.X. Effects of polyurethane coated urea supplement on *in vitro* ruminal fermentation, ammonia release dynamics and lactating performance of Holstein Dairy cows fed a steam-flacked corn-based diet. **Asian-Australasian Journal of Animal Science**, v.23, p.491-500, 2010.