

HERLON MENEGUELLI ALHADAS

**EFEITO DOS NÍVEIS DE INCLUSÃO DE FIBRA FÍSICAMENTE
EFETIVA PROVENIENTE DE CANA-DE-AÇÚCAR EM DIETAS DE GRÃO
INTEIRO SOBRE OS PARÂMETROS INGESTIVOS, DIGESTIVOS E
RUMINAIS**

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
2018

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

T

A397e
2018

Alhadas, Herlon Meneguelli, 1993-
Efeito dos níveis de inclusão de fibra fisicamente efetiva
proveniente de cana-de-açúcar em dietas de grão inteiro sobre os
parâmetros ingestivos, digestivos e ruminais / Herlon Meneguelli
Alhadas. – Viçosa, MG, 2018.
ix, 55 f. : il. ; 29 cm.

Orientador: Sebastião de Campos Valadares Filho.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.
Referências bibliográficas: f. 46-55.

1. Bovinos - Nutrição. 2. Nelore (Bovino). 3. Fibras na
nutrição animal. 4. Milho - Grãos. 5. Cana-de-açúcar como
ração. 6. Acidose. 7. Digestão. I. Universidade Federal de
Viçosa. Departamento de Zootecnia. Programa de
Pós-Graduação em Zootecnia. II. Título.

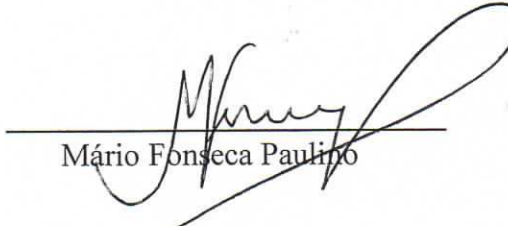
CDD 22. ed. 636.2085

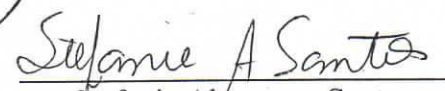
HERLON MENEGUELLI ALHADAS

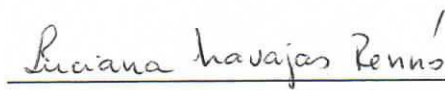
**EFEITO DOS NÍVEIS DE INCLUSÃO DE FIBRA FISICAMENTE
EFETIVA PROVENIENTE DE CANA-DE-AÇÚCAR EM DIETAS DE GRÃO
INTEIRO SOBRE OS PARÂMETROS INGESTIVOS, DIGESTIVOS E
RUMINAIS**

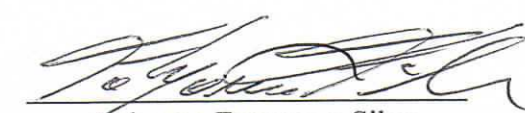
Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

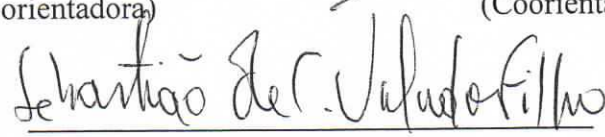
APROVADA: 23 de fevereiro de 2018.


Mário Fonseca Paulino


Stefanie Alvarenga Santos


Luciana Navajas Rennó
(Coorientadora)


Fabyano Fonseca e Silva
(Coorientador)


Sebastião de Campos Valadares Filho
(Orientador)

À minha mãe Elaine de Fátima Meneguelli, que nunca mediu esforços para fazer de seus filhos pessoas de bem.

Ao meu pai José Alípio Fernandes Alhadas, que nos deixou a Doutrina Espírita como maior herança.

Aos meus irmãos Rayane Meneguelli Alhadas e Marcony Meneguelli Alhadas, que sempre foram referências em minha vida.

À minha tia Cecília Maria Guarnieri e avó Dalva Guarnieri que sempre estiveram por perto em todos os momentos de minha vida.

A todos os demais familiares, que de alguma forma estiveram ao meu lado.

A todos os meus amigos, que foram minha segunda família ao longo de todo este processo.

Dedico

AGRADECIMENTOS

A Deus, que tem me permitido percorrer caminhos que jamais foram pensados em minha vida, e que chegam agora em forma de bênçãos e pelos quais tenho sido eternamente grato.

A Universidade Federal de Viçosa que me capacitou durante a graduação e o mestrado para que eu pudesse caminhar um pouco mais além.

Ao CNPq, INCT animal e FAPEMIG pelo financiamento parcial deste projeto.

Ao professor Sebastião de Campos Valadares Filho, que abraça a ciência animal e se dedica à profissão no mais profundo sentido do termo, e que de forma exemplar orienta seus alunos.

A todos os professores da UFV que me proporcionaram a busca pelo conhecimento, em especial os do Departamento de Zootecnia.

A todos os funcionários que de uma forma ou de outra nos auxiliam com o cumprimento de suas tarefas, sejam laboratoriais ou de campo.

A todos os amigos e colegas da pós-graduação e de graduação que compõem a equipe do Laboratório animal, com a qual pude compreender e aprender um pouco mais sobre o auxílio mútuo e a força do trabalho em grupo.

Aos amigos de república que fiz ao longo destes 7 anos, em especial aos da República Mediterrâneo.

A todos os tarefeiros do Centro espírita Irmã Scheilla que me acolheram e me acolhem a cada dia junto ao serviço no bem, atividade esta que me manteve psicológicamente capaz de vencer esta etapa.

A todos estes, meu muito obrigado. Nada disso seria possível sem a colaboração conjunta de todos vocês.

BIOGRAFIA

Nascido em Bicas, Zona da Mata de Minas Gerais, cursou os ensinoss fundamental e médio na cidade de origem, onde ficou até final do ano de 2010, ingressando em 2011 no curso de Zootecnia pela Universidade Federal de Viçosa. Durante a graduação, atuou junto a professores e pesquisadores nas áreas de Pastagens e Forragicultura, e Nutrição, Alimentação, e Exigências nutricionais de Ruminantes. Devido ao seu bom desempenho acadêmico, foi homenageado em sua formatura, em Janeiro de 2016, pelo Centro de Ciências Agrárias da instituição, recebendo o prêmio máximo da modalidade Arthur Bernardes. Atualmente é estudante de pós-graduação do Departamento de Zootecnia, desenvolvendo junto à equipe de pesquisadores, trabalhos na área de Nutrição, Alimentação e Exigências nutricionais de Ruminantes.

SUMÁRIO

RESUMO	vi
ABSTRACT	viii
INTRODUÇÃO.....	1
HIPÓTESE.....	10
OBJETIVOS	10
MATERIAL E MÉTODOS.....	11
<i>Animais, delineamento experimental e dietas.....</i>	<i>11</i>
<i>Período experimental e amostragem dos alimentos e das sobras.....</i>	<i>14</i>
<i>Coleta e preparação das amostras de digesta omasal</i>	<i>15</i>
<i>Coleta de Fezes</i>	<i>16</i>
<i>Esvaziamento ruminal</i>	<i>17</i>
<i>Análises laboratoriais</i>	<i>18</i>
<i>Cálculos da síntese microbiana e das taxas ruminais.....</i>	<i>20</i>
<i>Análises estatísticas.....</i>	<i>21</i>
RESULTADOS	22
<i>Matéria seca (MS) e matéria orgânica (MO)</i>	<i>22</i>
<i>Fibra insolúvel em detergente neutro corrigida para cinzas e proteínas (FDNcp), e FDNcp potencialmente digestível (FDNcpPD).</i>	<i>24</i>
<i>Proteína bruta (PB).....</i>	<i>26</i>
<i>Extrato etéreo (EE)</i>	<i>28</i>
<i>Carboidratos não fibrosos (CNF) e amido.....</i>	<i>29</i>
<i>Proteína microbiana</i>	<i>31</i>
<i>pH ruminal.....</i>	<i>33</i>
<i>Ácidos orgânicos e Amônia ruminal</i>	<i>35</i>
DISCUSSÃO	38
CONCLUSÃO.....	45
REFERÊNCIAS.....	46

RESUMO

ALHADAS, Herlon Meneguelli, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2018. **Efeito dos níveis de inclusão de fibra fisicamente efetiva proveniente de cana-de-açúcar em dietas de grão inteiro sobre os parâmetros ingestivos, digestivos e ruminais.** Orientador: Sebastião de Campos Valadares Filho. Coorientadores: Luciana Navajas Rennó e Fabyano Fonseca e Silva.

Muitos problemas associados ao uso de dietas de alto grão são relatados por produtores e cientistas, como os efeitos negativos associados à acidose. Visando melhorar as condições ruminais, estudos vem sendo realizados para se encontrar um nível ótimo de fibra a ser incluída nestas dietas, principalmente naquelas ditas como sem volumoso. Sendo assim o objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos da inclusão de fibra fisicamente efetiva (FDNfe) proveniente de volumoso em dietas contendo grão inteiro de milho, em substituição ao *pellet*, sob os parâmetros ingestivos, digestivos e ruminais. O experimento foi realizado no Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa. Foram utilizados cinco bovinos Nelore machos não castrados fistulados no rúmen com média de 393 ± 9 Kg e idade de 14 meses. O delineamento experimental foi em quadrado latino 5×5 , sendo constituído por cinco dietas, cinco animais e cinco períodos experimentais. As dietas foram à base de grão de milho inteiro com inclusão de níveis crescentes de cana-de-açúcar *in natura*, sendo constituídas respectivamente por: Controle (CON) – Dieta com 85% de milho grão inteiro e 15% de um núcleo mineral-proteico peletizado; D5 – Dieta com 85% de milho grão inteiro, 5% de cana-de-açúcar *in natura* e 10% de um suplemento mineral proteico; D15 – Dieta com 75% de milho grão inteiro, 15% de cana-de-açúcar *in natura* e 10% de um suplemento mineral proteico; D25 – Dieta com 65% de milho grão inteiro, 25% de cana-de-açúcar *in natura* e 10% de um suplemento mineral proteico; D35 – Dieta com 55% de milho grão inteiro, 35% de cana de açúcar *in natura* e 10% de um suplemento mineral proteico. Os períodos experimentais tiveram duração de 20 dias (14 dias para adaptação e seis dias de coletas). Os três primeiros dias de coletas foram destinados à amostragem de digestas omasais, coleta *spot* de fezes, e coletas de amostras para estimação das concentrações de amônia e ácidos orgânicos. Também foi realizada a mensuração do pH ruminal. No quarto e sexto dia do período de coleta, foi feito o esvaziamento no ponto cheio e

vazio do rúmen, respectivamente. Nestes dias também foram coletadas amostras de digestas para isolamento de microrganismos ruminais. O teor de FDN fisicamente efetiva (FDNfe) de cada dieta foi mensurado ao final de cada período experimental com o auxílio de um conjunto de três peneiras chamado Pen State Particle Separator (PSPS), as quais apresentavam crivos de 19, 8 e 4 mm. Para as análises estatísticas, foi utilizado o procedimento MIXED do SAS[®] (Versão 9.4). As médias foram comparadas por meio do teste de Dunnett, assumindo 5% para o erro tipo I, e foram testados os efeitos linear e quadrático para os níveis de inclusão de FDNfe de volumoso na dieta, sendo a concentração de amônia avaliada como medida repetida. Os consumos de matéria orgânica (MO), fibra insolúvel em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína (FDNcp) e fibra insolúvel em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína potencialmente digestível (FDNcpPD), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), carboidratos não fibrosos (CNF) e amido responderam de forma linear decrescente ou quadrática em função dos níveis de FDNfe de volumoso. As digestibilidades de todos os constituintes reduziram com a inclusão de FDNfe de volumoso, com exceção da FDNcp potencialmente digestível (PD). O pH ruminal respondeu de forma linear crescente à adição de volumoso na dieta. A concentração e o *pool* de propionato reduziram de forma linear e a concentração de butirato e o *pool* de acetato tenderam a reduzir e elevar, respectivamente. A concentração de nitrogênio amoniacal ruminal aumentou de forma linear. Sendo assim, um nível de FDNfe proveniente de volumoso de 20,47 g/kg, correspondente a 5% de cana-de-açúcar, pode ser utilizado em substituição ao *pellet* em dietas de grão inteiro de milho, de forma a melhorar os parâmetros nutricionais e metabólicos deste tipo de matriz alimentar.

ABSTRACT

ALHADAS, Herlon Meneguelli, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, February, 2018. **Effect of inclusion levels of physically effective fiber from sugarcane in whole grain diets on ingestive, digestive and ruminal parameters.** Adviser: Sebastião de Campos Valadares Filho. Co-advisers: Luciana Navajas Rennó and Fabyano Fonseca e Silva.

Many problems associated with the use of high-grain diets are reported by growers and scientists as the negative effects associated with acidosis. In order to improve the ruminal conditions, studies have been carried out to find an optimal level of fiber to be included in these diets, especially in the so-called non-voluminous diets. Therefore, the objective of this work was to evaluate the effects of the inclusion of physically effective fiber (NDF) from bulks in diets containing whole grains of corn, replacing the pellet, under ingestive, digestive and ruminal parameters. The experiment was carried out at the Animal Science Department of the Federal University of Viçosa. Five rumen fistulated, uncastrated male Nellore cattle with a mean of 393 ± 9 kg and age of 14 months were used. The experimental design was in a 5 x 5 Latin square, consisting of five diets, five animals and five experimental periods. The diets were based on whole corn grain with inclusion of increasing levels of sugarcane in natura, being constituted respectively by: Control (CON) - Diet with 85% of whole grain corn and 15% of a mineral- pore protein; D5 - Diet with 85% of whole grain corn, 5% of sugar cane in natura and 10% of a mineral protein supplement; D15 - Diet with 75% of whole grain corn, 15% of sugar cane in natura and 10% of a mineral protein supplement; D25 - Diet with 65% of whole grain corn, 25% of sugar cane in natura and 10% of a protein mineral supplement; D35 - Diet with 55% of whole grain corn, 35% of sugar cane in natura and 10% of a protein mineral supplement. The experimental periods had a duration of 20 days (14 days for adaptation and six days of collection). The first three days of sampling were used for the sampling of omasal digests, spot collection of feces, and sampling of samples for estimation of concentrations of ammonia and organic acids. Ruminal pH was also measured. On the fourth and sixth day of the collection period, emptying was performed on the full and empty spot of the rumen, respectively. During these days samples were also collected for the isolation of ruminal microorganisms. The

physically effective NDF content of each diet was measured at the end of each experimental period with the aid of a set of three sieves called Pen State Particle Separator (PSPS), which had 19, 8 and 4 mm sieves. Statistical analyzes were performed using the SAS® MIXED procedure (Version 9.4). The averages were compared using the Dunnett test, assuming 5% for the type I error, and the linear and quadratic effects were tested for inclusion levels of NDF in the diet and the ammonia concentration was evaluated as a repeated measure. The organic matter (OM), neutral detergent insoluble fiber corrected for ash and protein (FDNcp) and neutral detergent insoluble fiber corrected for ash and potentially digestible protein (NDFcpPD), crude protein (CP), ethereal extract, non-fibrous carbohydrates (CNF) and starch responded in a linear decreasing or quadratic manner as a function of the levels of NDF of roughage. The digestibilities of all the constituents reduced with the inclusion of NDF of roughage, with the exception of the potentially digestible NDFcp (PD). The ruminal pH responded in an increasing linear fashion to the addition of voluminous in the diet. The concentration and the pool of propionate linearly reduced and the concentration of butyrate and the acetate pool tended to reduce and elevate, respectively. The concentration of ruminal ammoniacal nitrogen increased linearly. Thus, a level of NDF from volumine of 20.47 g / kg, corresponding to 5% of sugarcane, can be used instead of pellets in whole corn diets, in order to improve the parameters nutritional and metabolic characteristics of this type of food matrix.

INTRODUÇÃO

O Brasil apresenta hoje um rebanho bovino de 215.199.488 cabeças, segundo dados do IBGE (2015). Este número lhe qualifica como o segundo em efetivo bovino mundial, ficando atrás somente da Índia. O país é também o segundo maior produtor de carne no mundo, tendo produzido em 2016, sete milhões e quatrocentas mil toneladas de equivalentes de carcaça (IBGE, 2016). Boa parcela do incremento nos índices produtivos referentes à pecuária nacional é devida à intensificação dos sistemas, podendo destacar o uso do confinamento como estratégia de alimentação. Atualmente confina-se em média quatro milhões de cabeças, o que representa mais de 10% do total de animais abatidos (Anualpec, 2016).

Embora a prática de confinar animais como estratégia de alimentação seja antiga, o confinamento atual apresenta características muito diferentes. A principal delas é no tocante à matriz alimentar. Inicialmente, devido a pouca popularização do uso de cereais, as dietas de terminação constituíam-se de maior proporção de volumosos, utilizando-se somente em torno de 20 a 30% de alimentos concentrados. Com o desenvolvimento das estratégias agrônomicas de cultivo de grãos, o Brasil se tornou um importante produtor destes, o que permitiu redução de custos e maior acesso, por parte dos criadores, aos cereais energéticos e proteicos. Esse foi um marco para a pecuária nacional, a qual passou a utilizar cada vez mais alimentos concentrados na formulação das rações.

Em pesquisa realizada por Pinto e Millen (2016), com 33 nutricionistas de bovinos de diferentes regiões do país, observou-se que a média de inclusão de forragem nas dietas de terminação foi de 20,6%, o que caracteriza as chamadas dietas de alto grão.

Percebe-se, que as formulações entraram em um extremo biológico, em que a inclusão de fibra em algumas situações é feita somente para manutenção mínima das condições fisiológicas dos animais. Isso, pois os ruminantes, ao longo da história evolutiva, se especializaram no consumo de alimentos fibrosos, que foi possível devido ao desenvolvimento de uma estratégia simbiótica com microrganismos capazes de fermentarem compostos de parede celular de vegetais. Além disso, o desenvolvimento de seus pré-estômagos lhes permitiu a seleção de alimentos em tamanho e densidade capazes de passarem para porções inferiores do trato gastrointestinal, ou de serem remastigados (Clauss et al., 2010).

Devido às novas estratégias alimentares, os nutricionistas começaram a se preocupar com os teores mínimos de fibra das dietas, uma vez que este parâmetro nutricional se correlaciona diretamente com a capacidade de ruminação, a qual é de suma importância para a saúde ruminal. O papel do volumoso nas dietas de terminação passou a ser então o de estimular mecanicamente as funções ruminais (Pritchard, 2006).

O conceito de fibra aplicado na nutrição animal foi desenvolvido inicialmente por Van Soest (1994), o qual a caracteriza como um componente estrutural das plantas (parede celular), sendo a fração menos digestível do alimento. Contudo, do ponto de vista da nutrição de ruminantes, a parede celular não pode ser considerada uma medida acurada de fibra, uma vez que apresenta componentes de elevada digestibilidade como a pectina (Mertens, 1992). Em todo caso, ela é um componente essencial para estimular a mastigação e também é fonte de carboidratos usados como energia pelos microrganismos do rúmen, além de ser usada por nutricionistas para caracterizar alimentos e para estabelecer limites máximos de ingredientes nas rações.

O método de determinação deste parâmetro nutricional aceito internacionalmente é o de fibra insolúvel em detergente neutro (FDN), desenvolvido por Van Soest e Wine (1967), no que ficou conhecido como sistema detergente. O método da FDN é o que melhor representa a fração do alimento de digestão lenta ou indigestível e que ocupa espaço no trato digestório. Todavia, a porção FDN se correlaciona às características químicas, mas não às características físicas da fibra (tamanho de partícula, densidade, capacidade de hidratação e capacidade de troca de cátions), as quais podem influenciar a saúde animal, fermentação ruminal e taxa de passagem da digesta (Van Soest, 1994). A fração FDN nada mais é que o somatório dos tecidos celulose, hemicelulose e lignina.

O conceito de FDN passou então a ser incorporado pelos nutricionistas para balanceamento de dietas, na tentativa de manutenção da funcionalidade ruminal. No entanto, embora esta entidade possa ser associada aos reflexos ruminatórios, ela sozinha não é capaz de explicar as diferentes respostas fisiológicas observadas. Armentano e Pereira (1997) observaram que dietas com o mesmo teor de fibra, mas com processamentos e tamanhos diferentes, contribuíram de forma distinta no estímulo à mastigação e conseqüentemente salivação e pH ruminal. Vários outros termos foram então introduzidos para dar suporte ao conceito de FDN, no entanto, o que mais se difundiu foi o de fibra efetiva (FDNe), e o de fibra fisicamente efetiva (FDNfe).

Fibra efetiva foi um termo originalmente proposto para dietas de vacas leiteiras (Mertens, 1986; 1997), sendo aquela capaz de manter o teor de gordura do leite, dependendo então de seu tamanho, capacidade tampão, taxa de fermentação e outras características intrínsecas ao componente. Na prática, para estimativa do teor de FDNe, era necessário se encontrar o teor de FDN do alimento e em seguida estimar o FDNe com o auxílio de um conjunto de peneiras, sendo considerada fibra efetiva aquela retida na peneira de 1,18 mm. Posteriormente seu valor foi ajustado pela densidade, grau de hidratação e lignificação, e outros parâmetros analíticos (Mertens, 1997). Todavia, o método apresenta muita subjetividade e pouca padronização, tornando difícil sua utilização pelos nutricionistas. Além disso, o teor de gordura do leite é afetado por diversos fatores (Bauman et al., 2006) e é um parâmetro irrelevante para bovinos em terminação.

Sendo assim, foi introduzido por Mertens (1997) o conceito de fibra fisicamente efetiva, sendo aquela cujas características seriam capazes de estimular a mastigação. Para se estimar o valor de FDNfe, é necessário se encontrar um fator de efetividade (fe), o qual variará entre zero e um. Depois de encontrado, o fe é multiplicado pelo teor de FDN para o converter em FDNfe.

Inicialmente, assim como realizado com a FDNe, o cálculo do FDNfe assumia o valor crítico de 1,18 mm para tamanho de partícula, segundo observações de que este seria o tamanho mínimo para que um alimento passasse do rúmen-retículo para o omaso. Sendo assim, as recomendações do NASEM (NRC em 2002, citado em 2016) para estimativa do fator de efetividade, foram baseadas em um conjunto de três peneiras denominado “Pen State Particle Separator” (PSPS), com os crivos de 19, 8, e 1,18 mm. No entanto, estudos recentes mostraram que as digestas omasais apresentam partículas com tamanhos maiores. Foi então sugerido pelo NASEM (2016) a substituição da peneira de 1,18 mm pela de 4 mm, sendo o fe calculado com base nesta última.

A principal correlação obtida com o valor de FDNfe é o pH ruminal, sendo que a indicação de seus níveis na dieta visa a manutenção de uma faixa ótima de concentração hidrogeniônica. Isso, pois, esta fração está associada ao estímulo mastigatório e consequente produção de tampões salivares, que atuam na manutenção adequada da microbiota ruminal (Allen, 1997; Zebeli et al., 2012). Além disso, uma dieta com níveis adequados de FDNfe é capaz de formar no rúmen um tapete fibroso que atuará exatamente nos estímulos de contração, facilitando a mistura da digesta e absorção dos ácidos graxos (Tafaj et al., 2004; Zebeli et al., 2012). Quando se trabalha com dietas de alto grão, a preocupação com os teores mínimos de fibra é muito grande, uma vez que ao se fornecer elevadas quantidades de carboidratos prontamente digeríveis, o risco de ocorrência de distúrbios metabólicos é elevado. Neste caso, o grande desafio é contornar os efeitos da acidose ruminal, a qual interferirá de forma significativa no desempenho animal.

Por definição, acidose é uma redução na concentração de bases em relação à concentração de ácidos (íons hidrogênio) nos fluidos corporais (Owens et al., 1998), que ocorre de forma aguda ou crônica em ruminantes, devido principalmente ao elevado consumo de carboidratos solúveis (Owens et al., 1997). Estas moléculas são rapidamente fermentadas e geram grande quantidade de ácidos graxos de cadeia curta, excedendo a capacidade de tamponamento ruminal, levando ao desbalanceamento ácido-base (Steele et al., 2011).

A acidose aguda é caracterizada como um quadro em que o animal, após ter consumido elevadas quantidades de carboidratos solúveis, apresenta valores de pH ruminal abaixo de 5,2 (Owens et al., 1998; Galyean e Rivera, 2003). Já a acidose sub-aguda apresenta-se como sintomas a queda de consumo e consequentemente de desempenho animal, sendo considerado o pH de 5,6 seu limite (Owens et al., 1998;

Galyean e Rivera, 2003). No entanto, valores de 5,8 já podem ser considerados princípio desta etapa.

Além da redução de consumo e desempenho, a acidose pode comprometer a absorção ruminal de nutrientes, visto que as elevadas concentrações de ácidos podem lesionar o epitélio ruminal e o quadro pode avançar para uma paraqueratose ou ruminite. Além disso, a mucosa pode perder sua seletividade e permitir a entrada de bactérias patogênicas pela corrente sanguínea (Owens et al., 1998; Nagaraja e Lechtenberg, 2007).

No intuito de minimizar os efeitos negativos destas desordens metabólicas, Fox e Tedeschi (2002) recomendaram o uso de 7 a 10% de FDNfe para dietas de bovinos em fase de terminação, que seriam capazes de manter o pH ruminal por volta de 5,7, de acordo com equação sugerida por Pitt et al. (1996). No entanto os autores destacaram que a maioria dos confinamentos norte americanos usam valores menores que os sugeridos, algo como 5%. É destacado também que a equação de predição de pH, embora possa ser utilizada como uma ferramenta, apresenta baixa correlação ($r^2 = 0,52$) para bovinos de corte, visto que a concentração hidrogeniônica será função da produção, absorção e passagem de ácidos orgânicos, que serão também afetados por fatores como o tipo de processamento dos grãos.

Sendo assim, ao se considerar diferentes tipos de volumosos para se balancear uma dieta rica em concentrado, com base somente nos valores totais de FDN, corre-se o risco de haverem complicações metabólicas, visto que a efetividade de fibra será diferente. Daniel et al. (2008), utilizando o método de estimativa da efetividade de fibra sugerido por Mooney e Allen (1997), em que se considera a taxa mastigatória, compararam o desempenho de novilhas da raça Holandesa recebendo uma dieta com concentrações iguais de FDN, provenientes das forragens cana-de-açúcar e silagem de milho, e constataram maior atividade mastigatória nos animais cuja fonte de volumoso era proveniente da cana, indicando maior efetividade de sua fibra.

Goulart (2010) estudou o efeito da substituição de 10% de silagem de milho por outras fontes de volumosos em dietas para bovinos na fase de terminação, de modo que as concentrações de FDN provenientes das forragens não fossem alteradas, sobre parâmetros ingestivos, digestivos e ruminais. As fontes cana-de-açúcar *in natura* e bagaço de cana, apresentaram para a variável mastigação, uma efetividade 20% e 150% superior à silagem de milho, respectivamente. Já para o pH, as fontes foram 45% e 62% superiores em efetividade quando comparadas à silagem de milho, respectivamente.

Todavia, quando se compara os parâmetros FDN da dieta total, FDN proveniente de volumoso e FDN fisicamente efetiva com a ingestão de matéria seca (IMS) ou energia líquida, os dados da literatura não são conclusivos. Galyean e Defoor (2003) analisaram os dados de 11 experimentos realizados com bovinos confinados no intuito de correlacionar o papel do teor de volumoso, FDN proveniente de volumoso (FDN_v) e da FDN fisicamente efetiva com a ingestão de

matéria seca. As concentrações de volumoso foram capazes de explicar 69,9% da IMS, enquanto os teores de FDNv e FDNfe explicaram 92% e 93,1%, respectivamente. Concluiu-se que o parâmetro FDNv pode ser utilizado para troca das fontes de forragem das dietas, e que este não perde em nada para a FDNfe.

Por outro lado, Galyean e Abney (2006), ao utilizarem o mesmo banco de dados dos autores citados anteriormente, relataram que o FDN da dieta é capaz de explicar 93,7% da variação da IMS, enquanto o FDNv explicou 92%, concluindo que o primeiro parâmetro pode ser utilizado para formulação de ração sem o risco de alterações significativas na IMS. Da mesma forma, ao se estudar a ingestão de energia líquida de ganho (ELg), os autores concluíram que o FDN da dieta explica melhor as variações observadas neste parâmetro (79,7%) quando comparada ao FDNv (58,3%).

Todavia, trabalhos recentes tem demonstrado (Gentry et al., 2016; Weiss et al., 2017) que dietas contendo menores quantidades de inclusão de volumoso com maiores tamanhos de partícula, são tão ou mais eficientes que dietas contendo maiores teores de volumoso com menores tamanhos de partícula, evidenciando a importância de se considerar a efetividade da fibra.

Quando se consideram dietas contendo grãos inteiros de milho, não somente a forragem atua de forma efetiva no rúmen, havendo também um efeito de repleção causado pelo cereal, que auxiliará na ruminação e salivação.

No entanto, é importante ressaltar que os efeitos destes parâmetros sobre a IMS não são conclusivos, uma vez que não se associam diretamente com o ganho de peso (Pritchard, 2006).

Dentro do conceito de dietas de alto grão, muitas combinações são possíveis, principalmente no tocante ao uso da fonte de volumoso e ao processamento dos grãos.

Muitas são as possibilidades de uso das fontes de fibra, dependendo a escolha desta, de fatores como região, custo de compra ou de produção, facilidade de manejo, disponibilidade, etc. Na mesma pesquisa realizada por Pinto e Millen (2016), observou-se que 63% dos nutricionistas optaram pelo uso da silagem de milho como fonte de fibra, estando em segundo lugar a cana-de-açúcar e seus derivados com 18,2%. Segundo os autores, a opção pelas silagens vem se destacando pela maior facilidade de manejo do volumoso comparado à cana-de-açúcar, a qual requer maior mão de obra para os tratamentos culturais, trituração e transporte. No entanto, vale ressaltar que a pesquisa foi realizada em confinamentos de maior escala, que trabalham com elevado número de cabeças a cada ciclo de produção. Todavia, existem pequenos e médios confinadores que devido ao custo mais elevado, são impossibilitados de trabalharem com alimentos ensilados, sendo a cana-de-açúcar uma boa opção de fibra na dieta.

Recentemente no Brasil, por volta do ano de 2005, uma nova matriz alimentar para bovinos na fase de terminação foi introduzida, na tentativa de democratizar o uso do confinamento. São as dietas sem volumosos, em que o produtor fornece aos animais a combinação do milho inteiro com um núcleo mineral proteico peletizado, na relação 85:15, respectivamente. A teoria sobre seu uso se explica por ser uma dieta altamente energética, apresentando um menor consumo e um mesmo ganho de peso, melhorando a eficiência alimentar. Além disso, todo trabalho com o manejo de volumosos não mais seria necessário, podendo dispender a mão de obra para outras atividades da propriedade. Outro ponto destacado, é que animais consumindo dietas de grão inteiro, apresentam redução no tamanho do trato gastrointestinal, gerando, por conseguinte maiores rendimentos de carcaça.

O *pellet* adicionado na dieta tem a função de servir como uma fonte de fibra, auxiliando nos processos ruminatórios e de manutenção do pH ruminal, além de suprir as demandas proteicas e de minerais. No entanto, muitos problemas metabólicos são advindos de dietas sem volumosos, visto que o teor de fibra fisicamente efetiva é drasticamente reduzido para dar espaço às elevadas concentrações de carboidratos de fácil digestão, podendo aqui ser genericamente chamados de amido. Como já descrito anteriormente, animais com faixas de baixo pH mantidas por muitas horas durante o dia, apresentam complicações metabólicas e digestivas. Mesmo que aparentemente o consumo ainda não tenha sido afetado, o metabolismo dos nutrientes no rúmen certamente será comprometido. O principal constituinte da dieta a sofrer com as altas concentrações hidrogeniônicas é a fibra. Quando os valores de pH se situam entre 5,5 e 5,0, uma redução no número de microrganismos fibrolíticos é verificada, bem como em suas taxas de crescimento, acarretando em redução ou inibição da digestão da fibra (Hoover, 1986). Além disso, segundo Olson et al. (1999), os microrganismos amilolíticos tem um crescimento mais acelerado que os fibrolíticos, uma vez que apresentam vantagem competitiva em relação ao uso do nitrogênio, e o aumento dos níveis de amido da dieta favorece esta competição. Dietas com níveis insuficientes de FDNfe, se associam também a formação de uma digesta menos consistente no rúmen (Yang et al., 2002), o que eleva a saída de partículas sólidas e reduz a digestibilidade da fibra (Boddugari et al., 2001; Tafaj et al., 2004).

Por outro lado, segundo Rode et al. (1985), a diminuição dos níveis de volumoso na dieta, proporciona um aumento na digestibilidade da matéria seca e da matéria orgânica, o que pode estar associado à redução do teor de carboidratos fibrosos e aumento dos carboidratos não fibrosos. Essa modificação está ligada ao fato de os primeiros apresentarem menores coeficientes de digestibilidade comparados aos segundos. Além disso, as dietas contendo maiores quantidades de grãos podem ser economicamente mais viáveis.

Objetivando-se contornar os inconvenientes encontrados no uso de dietas sem volumosos, alguns trabalhos foram desenvolvidos com o intuito de se encontrar um

mínimo de fibra a ser adicionado nestas formulações que permitisse melhoria no ambiente ruminal e conseqüentemente melhorias produtivas.

Embora esta estratégia alimentar seja recente em nosso país, ela já vem sendo pesquisada pelos norte americanos desde a década de 70. Logo, é possível encontrar uma série de trabalhos a este respeito. Traxler et al. (1995), relataram que animais consumindo dietas sem volumoso apresentaram melhor eficiência alimentar que animais consumindo grão de milho quebrado e forragem. Em revisão realizada por Owens et al. (1997), foi observado que a dieta de milho inteiro apresentou maior consumo que dietas contendo milho laminado a vapor, floculado a vapor ou finamente moído. Gorocica-Buenfil e Loerch (2005), ao compararem dietas de grão inteiro com a inclusão de 5 e 18% de silagem de milho na matéria seca, concluíram que não há benefícios em adicionar fibra de volumoso neste tipo de matriz alimentar. Owens e Soderlund (2007) em revisão de trabalhos publicados entre 1990 e 2006 observaram que o milho inteiro apresenta a mesma digestibilidade ruminal e no intestino delgado do que o milho laminado a seco.

Todavia, estes dados devem ser interpretados com muito cuidado, uma vez que o milho utilizado nas rações norte americanas é muito diferente do utilizado no Brasil. Nos EUA, o milho predominantemente utilizado é do tipo dentado, o qual apresenta uma reduzida porção de endosperma vítreo, região do grão de maior coesão da matriz proteica que envolve os grânulos de amido, e conseqüentemente de menor digestibilidade (Philippeau et al., 1997; Correa et al., 2002; Corona et al., 2006). Ao contrário, mais de 80% do milho brasileiro é do tipo vítreo (Pinto e Millen, 2016), o qual possui porção significativa de endosperma de difícil digestão (Corona et al., 2006; Cruz et al., 2011). Logo, se torna difícil à extrapolação dos dados encontrados em ambos os países.

No tocante à literatura nacional, os dados envolvendo inclusão de fibra em dietas de grão inteiro são escassos e inconsistentes. Martins (2013) avaliando três níveis de inclusão (3, 6, e 9%) de bagaço de cana-de-açúcar *in natura* em dietas de milho grão inteiro ou floculado para bovinos em terminação, não encontrou diferenças para o consumo de MS e de nutrientes, exceto para a FDN. Os coeficientes de digestibilidade também não foram alterados. Já Marques (2011), avaliando os efeitos de dois níveis de inclusão (3 e 6%) de bagaço de cana-de-açúcar em dietas de milho inteiro, encontrou efeito quadrático para consumo de matéria seca e efeito linear para ganho de peso diário, peso corporal final e peso de carcaça quente. Vale destacar, que ambos os autores incluíram as fontes de fibra em substituição ao milho da dieta, mantendo-se a concentração de *pellet*, o qual muitas vezes inviabiliza o uso desta estratégia, seja pelo preço, ou pela oferta de mercado.

No entanto, alguns trabalhos mostram que a ingestão de matéria seca está diretamente relacionada ao consumo de FDN, e a resposta dependerá do tipo de controle de consumo (se pela energia ou pelo enchimento) que o animal está submetido. Segundo Detmann (2014), em meta-análise realizada com 53 trabalhos

envolvendo vacas em lactação e 126 trabalhos envolvendo bovinos na fase de terminação, publicados entre o período de 1990 e 2012, o consumo de matéria seca se associa de forma quadrática com o consumo de matéria orgânica digestível e de forma linear decrescente com o consumo de FDN indigerida.

McDonald et al. (2011), ao estudarem o efeito da inclusão dos níveis de 7,5; 10 ou 12,5% de feno de alfafa em dietas para bovinos na fase de terminação, à base de milho floculado e 25% de grãos de sorgo destilados, constataram que houve um aumento linear na IMS.

Kreikemeier et al. (1990) avaliaram o efeito da inclusão de 0; 5; 10 ou 15% de volumoso em dietas contendo trigo laminado à vapor para novilhos confinados, e relataram aumento linear na IMS.

Outro ponto importante a ser considerado no estudo de inclusão de níveis de fibra em dietas de alto grão é alteração da população microbiana que se verifica para as diferentes dietas. À medida que o ambiente ruminal é modificado, gêneros diferentes de bactérias se desenvolvem, enquanto outros reduzem sua população. Considera-se assim que os microrganismos apresentam afinidades diferentes pelos substratos, e se tornam mais ou menos competitivos de acordo com o alimento presente. Quando se retira fibra da dieta e se aumenta o fornecimento de carboidratos de mais fácil digestão, as bactérias amilolíticas tem seu desenvolvimento favorecido, e quando se invertem as condições, as bactérias fibrolíticas se tornam mais competitivas. No entanto, esta classificação é muito genérica, uma vez que existem diferentes tipos de bactérias fibrolíticas e amilolíticas a desempenharem diversas funções.

Por muito tempo, para caracterização e inferência de como a população microbiana respondia aos diferentes tratamentos, ou dietas, um parâmetro ruminal largamente utilizado pela comunidade científica foi a concentração de ácidos graxos voláteis (AGV). Estes metabólitos, que apresentam uma cadeia de hidrocarbonetos formada por até sete carbonos, são provenientes do processo de fermentação ruminal, sendo o acetato, propionato e o butirato os principais deles. Comumente o acetato encontra-se em maiores concentrações, muito embora esta seja fortemente afetada pela dieta. Bergman (1990) relatou que a relação entre esses ácidos pode variar de 75:15:10 até 40:40:20 para acetato propionato e butirato, respectivamente. Cerca de 50 a 70% da energia utilizada pelos ruminantes é proveniente destes compostos (Sutton, 1980).

Os principais substratos para fermentação são os carboidratos constituintes dos tecidos vegetais, sendo estes compostos por celulose, hemicelulose, pectina, amido, dextrinas e outros carboidratos solúveis (Bergman, 1990). Ao serem ingeridos e entrarem em contato com a digesta ruminal, os microrganismos os convertem por meio de enzimas extracelulares em monômeros como pentoses e hexoses. No entanto, as concentrações destes intermediários são baixíssimas, uma vez que rapidamente são interconvertidos em piruvato, o precursor dos AGV (Bergman,

1990). As rotas de formação de acetato e butirato são inter-relacionadas, derivando estes, principalmente de carboidratos fibrosos. Já a formação de propionato se dá de forma diferente dos demais, sendo este formado principalmente por carboidratos não fibrosos. Sendo assim, quando se altera a relação volumoso concentrado de uma dieta, acrescentando-lhe maiores níveis de carboidratos de fácil digestão, modifica-se a população microbiana e conseqüentemente a formação de AGV.

Ao se avaliar a concentração de um dado metabolito nos fluidos ruminais, chega-se a valores relativos, que para os AGV, podem ser dados em mmol/L. No entanto, esta concentração é afetada por uma série de fatores, como taxa de produção, absorção pelo epitélio ruminal, passagem para o omaso e abomaso, diluição via ingestão de água ou produção de saliva, utilização pelos microrganismos, conversão em outros metabólitos e volume de líquido ruminal (Bergman, 1990). Sendo assim, a utilização de valores relativos para identificar respostas relacionadas às modificações de dietas ou alimentos começou a ser questionada.

Hall et al. (2015) estudaram a relação entre as concentrações de AGV, o *pool* de AGV, expresso em mol e a quantidade de líquido ruminal (LIQ) medidos duas horas após a alimentação de vacas em lactação. Os dados foram referentes a 175 observações provenientes de sete trabalhos. Para se obter o AGV em mol, foi realizado o esvaziamento ruminal e quantificação do volume de líquido proveniente de cada animal, o qual foi posteriormente ponderado pela concentração dos metabólitos encontrados neste fluido. Como ácidos graxos voláteis, foi considerado o somatório das concentrações do acetato, propionato, butirato e valerato. O coeficiente de determinação encontrado entre as variáveis LIQ e AGVmol foi considerado médio pelos autores ($3,76 \text{ AGVmol} + 31,2; R^2 = 0,69$), mas ainda assim bem superior ao encontrado para as variáveis [AGV] e LIQ ($0,524 \text{ LIQ} + 112,8; R = 0,12$). Foram verificadas [AGV] similares para animais com valores diferentes de LIQ de até 30 Kg. Segundo os autores, para comparações válidas entre tratamentos, seriam necessárias quantidades equivalentes de LIQ. Quando foram comparadas as variáveis [AGV] e AGVmol, um $R^2 = 0,56$ foi observado ($5,80 \text{ AGVmol} + 86,3$), concluindo-se que a concentração não é uma boa medida para se avaliar o efeito de tratamentos, da mesma forma que previsões de LIQ e AGVmol com base nas [AGV] para vacas em lactação são insuficientes, necessitando de novos parâmetros.

Diante do exposto, observa-se que existe uma carência de trabalhos realizados em território nacional para melhor entendimento das modificações metabólicas ocorridas em animais alimentados com dietas contendo grãos de milho inteiro, bem como as respostas relacionadas à inclusão de fibra nestas formulações.

HIPÓTESE

A inclusão de fibra fisicamente efetiva proveniente da cana-de-açúcar em dietas de grão inteiro é capaz de promover melhorias digestivas relacionadas ao melhor aproveitamento dos nutrientes e à manutenção do ambiente ruminal em condições adequadas em bovinos Nelore na fase de terminação.

OBJETIVOS

Avaliar os parâmetros ingestivos digestivos e ruminais em bovinos Nelore na fase de terminação alimentados com dietas contendo diferentes níveis de inclusão de fibra fisicamente efetiva proveniente de cana-de-açúcar.

MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi realizado com a aprovação do Comitê de Ética no Uso de Animais de Produção da Universidade Federal de Viçosa (CEUAP/UFV), cujo protocolo correspondente é o de nº 35/2017.

Animais, delineamento experimental e dietas

O experimento foi realizado no Confinamento Experimental do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa na cidade de Viçosa, a qual se encontra na região Sudeste da Zona da Mata de Minas Gerais.

Foram utilizados cinco bovinos Nelore machos não castrados fistulados no rúmen com média de 393 ± 9 Kg e idade de 14 meses. O delineamento experimental utilizado foi em quadrado latino 5×5 , sendo constituído por cinco animais, cinco dietas e cinco períodos experimentais.

Inicialmente os animais foram tratados contra endo e ectoparasitas, passando por um período de adaptação de 30 dias às instalações, dieta e manejo. Cada animal foi alocado em uma baia individual provida de piso de concreto armado, comedouro e bebedouro, com uma área total de 30 m², onde receberam uma dieta inicial constituída de 50% de cana-de-açúcar e 50% de concentrado à base de milho grão inteiro, de tal modo que a formulação foi elaborada com 120 g/Kg de PB na matéria seca (MS).

Após o período de adaptação, os animais foram submetidos às dietas (Tabela 1). Estas foram calculadas segundo o sistema BR-CORTE (2016) de modo a serem isonitrogenadas (125 g/Kg de PB), sendo constituídas pelos seguintes ingredientes:

Controle (CON) – Dieta com 85% de milho grão inteiro e 15% de um núcleo mineral-proteico peletizado.

D5 – Dieta com 85% de milho grão inteiro, 5% de cana-de-açúcar *in natura* e 10% de um suplemento mineral proteico.

D15 – Dieta com 75% de milho grão inteiro, 15% de cana-de-açúcar *in natura* e 10% de um suplemento mineral proteico.

D25 – Dieta com 65% de milho grão inteiro, 25% de cana-de-açúcar *in natura* e 10% de um suplemento mineral proteico.

D35 – Dieta com 55% de milho grão inteiro, 35% de cana de açúcar *in natura* e 10% de um suplemento mineral proteico.

Tabela 1 – Composição química dos ingredientes da dieta

	MS ¹	MO ²	FDNcp ³	FDNi ⁴	PB ⁵	EE ⁶	FDNfe ⁷	Amido
	g/Kg							
Cana-de-açúcar	285,20	974,19	505,75	218,00	18,79	6,76	409,40	111,24
Milho	866,75	988,45	126,29	24,16	89,20	41,55	-	710,28
<i>Pellet</i>	880,47	783,85	188,11	126,80	258,53	12,13	-	195,07
Farelo soja	875,31	942,05	159,02	27,83	525,53	24,55	-	57,87
Farelo trigo	871,81	958,42	321,84	134,40	180,80	13,44	-	295,41
Uréia/S.A	934,30	995,92	0,00	0,00	2614,40	0,00	-	0,00
Fosbovi:sal	1000,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	0,00
Bicarbonato	990,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	0,00
Óxido magnésio	1000,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	0,00
Calcáreo	1000,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	0,00

¹Matéria seca, ²Matéria orgânica, ³Fibra insolúvel em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína, ⁴Fibra insolúvel em detergente neutro indigestível, ⁵Proteína bruta, ⁶Extrato etéreo, ⁷Fibra insolúvel em detergente neutro fisicamente efetiva.

O volumoso foi utilizado em substituição ao *pellet* e ao grão de milho. Para suprir a carência de proteína e minerais, um concentrado foi adicionado na proporção de 10% da MS total em todas as dietas, com exceção da dieta CON, a qual era desprovida de volumoso, sendo constituída somente por milho e *pellet* (Tabelas 2 e 3)

Tabela 2 – Proporção dos ingredientes e composição das dietas experimentais

Itens	Dietas				
	CON	D5	D15	D25	D35
	g/Kg				
Cana-de-açúcar	0,00	50,00	150,00	250,00	350,00
Milho	850,00	850,00	750,00	650,00	550,00
<i>Pellet</i>	150,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Farelo soja	0,00	60,00	60,00	60,00	60,00
Farelo trigo	0,00	7,20	4,80	2,40	0,00
Uréia/S.A	0,00	6,80	9,20	11,60	14,00
Fosbovi:sal	0,00	5,00	5,00	5,00	5,00
Bicarbonato	0,00	12,75	12,75	12,75	12,75
Óxido magnésio	0,00	4,25	4,25	4,25	4,25
Calcáreo	0,00	4,00	4,00	4,00	4,00
Composição química (g/kg)					
MS ¹	868,81	842,02	784,02	726,01	668,01
MO ²	957,76	959,09	957,75	956,41	955,08
FDNcp ³	135,57	144,50	181,67	218,84	256,02
FDNi ⁴	39,55	34,07	53,13	72,19	91,26

FDNcpPD ⁵	96,01	110,43	128,54	146,65	164,76
FDNfe ⁶	0,00	20,47	61,41	102,35	143,29
PB ⁷	114,60	127,37	126,17	124,97	123,77
EE ⁸	37,14	37,23	33,72	30,20	26,69
CNF ⁹	670,46	660,97	631,05	601,13	571,20
MM ¹⁰	42,24	40,91	42,25	43,59	44,92
Amido	633,00	614,90	554,29	493,67	433,06

CON = dieta sem volumoso, D5 = dieta com 5% de volumoso, D15 = dieta com 15% de volumoso, D25 = dieta com 25% de volumoso, D35 = dieta com 35% de volumoso, ¹Matéria seca, ²Matéria orgânica, ³Fibra insolúvel em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína, ⁴Fibra insolúvel em detergente neutro indigestível, ⁵Fibra insolúvel em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína potencialmente digestível, ⁶Fibra insolúvel em detergente neutro fisicamente efetiva, ⁷Proteína bruta, ⁸Extrato etéreo, ⁹Carboidratos não fibrosos, ¹⁰Matéria mineral. Os níveis de fibra fisicamente efetiva (FDNfe) são referentes somente ao volumoso, visto que há uma limitação de uso deste conceito em dietas contendo grão inteiro, dada a forma de estimativa da mesma.

Tabela 3 – Proporção dos ingredientes no suplemento mineral proteico

Ítems	Dietas			
	D5	D15	D25	D35
	g/kg			
Fosbovi:sal	50,00	50,00	50,00	50,00
Bicarbonato de sódio	127,50	127,50	127,500	127,50
Óxido de Mg	42,50	42,50	42,50	42,50
Farelo soja	600,00	600,00	600,00	600,00
Farelo trigo	72,00	48,00	24,00	0,00
Uréia/S.A	68,00	92,00	116,00	140,00

D5 = dieta com 5% de volumoso, D15 = dieta com 15% de volumoso, D25 = dieta com 25% de volumoso, D35 = dieta com 35% de volumoso.

Com a substituição do pellet e do milho pelo volumoso, as dietas com os maiores níveis de fibra continham uma defasagem maior de PB a ser suprida pelo alimento concentrado. Desta forma, como apresentado na Tabela 3, os níveis de uréia/S.A foram crescentes e contrabalanceados pelas quantidades de farelo de trigo. Os níveis dos demais ingredientes mantiveram-se constante para todas as dietas.

Assim como é comum no território brasileiro, o milho utilizado foi do tipo *Flint* (duro), sendo incluído na dieta controle em combinação com o *pellet* na relação 85:15, respectivamente, de modo a se representar a dieta comercial utilizada nos sistemas que a adotam.

O cálculo da FDNfe foi realizado com o auxílio de um conjunto de 3 peneiras chamado Pen State Particle Separator (PSPS), as quais contêm crivos de 19, 8 e 4 mm (Kononoff et al., 2003). Ao final de cada período experimental, parte da amostra composta coletada de cana-de-açúcar que havia sido conservada em freezer a -20°C

(aproximadamente 500 g) foi descongelada e utilizada para estimativa deste parâmetro.

Com as peneiras, foi possível se encontrar um fator de efetividade (fe), que corresponde a proporção de material retido com tamanho acima de 4 mm. Este fator foi então multiplicado pelo teor de FDN_{cp} para determinação da FDN_{fe}. A retenção média da cana-de-açúcar em cada uma das peneiras foi de 146,50; 224,00 e 439,00 g/Kg, respectivamente, nas peneiras de 19; 8 e 4 mm, resultando em um fator de efetividade de 809,50 g/Kg (80,95%) e uma FDN_{fe} de 409,40 g/Kg MS.

Período experimental e amostragem dos alimentos e das sobras

Após o período inicial de adaptação, iniciaram-se os períodos experimentais. Estes foram constituídos por 20 dias cada, sendo subdivididos em período de adaptação e período de coletas. O período de adaptação teve duração de 14 dias e possuiu basicamente duas funções: realizar a transição gradual entre duas dietas e permitir que o fluxo de nutrientes se estabilizasse, e ser utilizado para iniciar a infusão dos indicadores. A técnica utilizada para a transição entre dietas foi a denominada “adaptação em escada”. Neste tipo de manejo, nos primeiros três dias, elevou-se ou reduziu-se em 33% a diferença total de volumoso que seria adicionada ou retirada da dieta. Nos próximos três dias realizou-se novamente a inclusão ou retirada de mais 33% de volumoso, de modo que no sétimo dia o animal já estava consumindo a dieta em suas devidas proporções.

A alimentação dos animais foi realizada diariamente às 7h00, de modo que as sobras se mantiveram em níveis de aproximadamente 50 g/Kg de alimento ofertado. Diariamente foi realizada a pesagem das quantidades oferecidas e das sobras e a água foi ofertada a vontade.

O volumoso utilizado foi colhido e desintegrado diariamente uma hora antes da alimentação, sendo feita uma amostragem semanal para ajuste no teor de matéria seca e manutenção da relação adequada entre os alimentos. Já os alimentos que compuseram o concentrado foram amostrados diretamente dos silos da fábrica de ração todas as vezes que uma nova quantidade de suplemento foi elaborada. Da mesma forma, a cada nova remessa de milho utilizada, uma nova amostragem foi feita.

A amostragem das sobras e do volumoso foi realizada do 13º ao 16º dia do período experimental. As amostras foram levadas diretamente para o freezer (-20°C), sendo realizada uma composta ao final dos quatro dias, que foi então submetida à secagem parcial em estufa de circulação forçada por 72 horas a uma temperatura de 55°C para subsequente processamento via moagem.

Coleta e preparação das amostras de digesta omasal

Com objetivo de se determinar os fluxos de nutrientes pelos compartimentos do trato gastrointestinal, bem como se estimar as digestões parciais em cada compartimento, foram realizadas coletas de digestas omasais do 15° ao 17° dia do período experimental (três primeiros dias do período de coletas), segundo a técnica de Huhtanen et al. (1997), adaptada por Leão (2002).

Os fluxos de matéria seca e dos constituintes das digestas foram calculados conforme descrito por Valadares Filho et al. (2011), utilizando-se como indicadores o Co-EDTA para marcação da fase líquida e de pequenas partículas e o FDNi para marcar a fase das grandes partículas.

Nos três últimos dias do período de adaptação (12°, 13° e 14° dias do período experimental), foi realizado de forma contínua, com o auxílio de uma bomba peristáltica, a infusão via fístula ruminal do indicador Co-EDTA (5 g/dia diluídos em um volume de 5L de água destilada), utilizado para a estimativa do fluxo da fase líquida e de pequenas partículas que se estendeu até o 17° dia do período experimental, de modo que no período de coleta a passagem ruminal deste elemento já estava estabilizada.

Foram realizados oito horários de coletas, em um intervalo de 9h00 entre cada um deles. No primeiro dia, as coletas foram feitas às 8h00 e às 17h00. No segundo dia foram realizadas às 2h00, 11h00 e 20h00, e no terceiro dia às 5h00, 14h00 e 23h00. Desta forma, foi possível se obter amostras ao longo de todo o dia a intervalos de 3 horas (2h00, 5h00, 8h00, 11h00, 14h00, 17h00, 20h00 e 23h00).

A amostra após ser coletada foi fracionada de tal forma que 500 mL foram destinados para isolamento de bactérias associadas à fase líquida (BAL) e à fase sólida (BAP), 250 mL foram utilizados para compor a digesta não representativa e 250 mL compuseram a fração filtrada e o resíduo da fração filtrada, os quais foram separados com o auxílio de um filtro de náilon de 100 µm com área de poros de 44% de superfície (Sefar Nitex 100/44, Sefar, Thal, Switzerland).

As amostras correspondentes à digesta não representativa, fração filtrada e o resíduo da fração filtrada, logo após o fracionamento, tiveram seus pesos aferidos e foram levadas para secagem parcial via liofilização ou estufa de circulação forçada. Posteriormente foram novamente pesadas, e uma amostra composta com os oito horários de coleta de cada animal foi preparada.

Para avaliação da produção microbiana, parte do total da amostra omasal foi destinada ao isolamento bacteriano. Estas amostras foram imediatamente congeladas, sendo realizada uma composta de 2000 mL ao final de quatro horários de coleta, resultando em duas centrifugações por período. O processamento destas amostras foi realizado conforme Reynal et al. (2005) e com adaptações sugeridas por Krizsan et

al. (2010). Com o mesmo filtro citado anteriormente, a composta foi fracionada, e o material retido no filtro foi lavado com 1600 ml de solução salina (NaCl 9 g/L). Esta fase foi acondicionada na geladeira para isolamento das bactérias associadas às partículas. O material filtrado foi processado para o isolamento das bactérias associadas à fase líquida. A marcha de separação das BAL e BAP foi realizada conforme descrito por Rotta et al. (2014).

Ao final do isolamento bacteriano, as amostras foram liofilizadas, e foi elaborada uma composta por animal para BAL e BAP, respectivamente, usando as duas amostras obtidas por período.

Em cada horário de coleta de digesta omasal, 80 mL de líquido ruminal foi amostrado e dividido em dois frascos plásticos de 50 mL. Em um dos frascos foi adicionado um mL de ácido sulfúrico 50% e no outro frasco foi adicionado um mL de ácido metafosfórico (250 g/L). Após a adição dos ácidos as amostras foram imediatamente congeladas a -20°C. O líquido que recebeu o primeiro ácido foi utilizado para estimativa do nitrogênio amoniacal, e o que recebeu o segundo ácido foi utilizado para avaliação dos ácidos orgânicos: lactato, acetato, propionato, butirato e valerato.

Em cada um dos oito horários, com o auxílio de um peagâmetro de bancada, o pH da digesta ruminal foi aferido.

Coleta de Fezes

As fezes foram coletadas diretamente do reto dos animais de forma pontual, em cada um dos oito horários de coleta de digesta, do 15° ao 17° dia.

Foi amostrada uma quantidade de aproximadamente 100 g por horário, que foram levados à estufa de circulação forçada para secagem parcial por 72h a 55°C, para posterior moagem. Ao final do período experimental, uma amostra composta foi produzida por animal.

A quantidade de fezes excretada foi calculada com o auxílio do indicador interno FDNi através da seguinte equação:

Produção fecal (Kg/dia) = Consumo de FDNi (Kg/dia) / Concentração de FDNi nas fezes (g/kg MS).

Esvaziamento ruminal

Com objetivo de se determinar taxas de ingestão, digestão e passagem, no 4º dia do período de coleta, ou 18º dia do período experimental, foi realizado o esvaziamento do conteúdo ruminal dos animais (Allen e Linton, 2007). Este procedimento foi executado três horas após o fornecimento da alimentação.

A retirada da digesta foi realizada de forma manual. Após esta etapa, todo material foi pesado e filtrado com auxílio de um pano de algodão, gerando assim uma fase com os sólidos e uma fase com o líquido mais pequenas partículas. Estas duas fases tiveram também seus pesos aferidos.

Após o fracionamento, o líquido foi amostrado em três bandejas de alumínio de 500 mL, as quais foram pesadas e secas parcialmente via liofilização. Em cada uma das bandejas, foi adicionado aproximadamente 200 g do filtrado. Da mesma forma, o sólido foi amostrado em uma bandeja de alumínio de 500 mL, em uma quantidade de aproximadamente 300 g, sendo levado para redução de umidade em estufa de circulação forçada. Depois de secas parcialmente, as amostras foram moídas a 1 mm.

Com este procedimento foi possível se estimar o teor de amostra seca ao ar (%ASA) do filtrado e das partículas, de tal forma que a digesta ruminal foi recomposta em suas devidas proporções em termos de Kg de ASA de líquido e de Kg de ASA de sólido. Sendo assim, as amostras fracionadas formaram uma única composta correspondente ao rúmen no ponto cheio.

Amostras de líquido e de partículas foram também coletadas em garrafas plásticas de 2L para estimativa do *pool* de BAL e de BAP presentes no rúmen. O procedimento de isolamento destes microrganismos foi similar ao descrito acima para as digestas omasais. No entanto, como para as digestas ruminais se conhecia a proporção que cada fase representava da digesta total, a centrifugação das amostras foi realizada de forma proporcional, considerando um total de amostra de 2000 g/animal.

Para se estimar a porcentagem de BAL e de BAP, de modo a se encontrar o *pool* de cada tipo bacteriano, ao decorrer do procedimento de isolamento, a quantidade de líquido e de sólido utilizado para a análise teve seu peso aferido, o que não é uma etapa descrita pelo método. Desta maneira, foi possível se estimar, por extrapolação, a contribuição individual de BAL e de BAP no *pool* bacteriano total, visto que a quantidade de líquido e de sólidos presentes no rúmen foi conhecida.

Foi coletada também, de cada animal, amostras de líquido ruminal em dois frascos plásticos de 50 mL, os quais receberam a adição de 1 mL de ácido sulfúrico 50% e 1 mL de ácido metafosfórico (250 g/L), para análise de nitrogênio amoniacal e ácidos orgânicos, respectivamente. Com os dados de concentração, foi possível se

estimar o *pool* ruminal dos AGV, visto que a quantidade de líquido no rúmen era conhecida.

Após todo procedimento de amostragem, a digesta foi integralmente devolvida aos animais através de suas fístulas ruminais.

No 19º dia do período experimental, ou 5º dia do período de coletas, nenhum manejo diferente da alimentação foi realizado, servindo este para recuperação dos animais em função da amostragem realizada no dia anterior.

Já no 20º dia do período experimental, ou 6º dia do período de coletas, foi realizado novamente um segundo esvaziamento ruminal, de forma similar à descrita anteriormente. A única diferença foi que neste dia, os animais tiveram sua digesta retirada imediatamente antes de receberem a alimentação.

Ao final do período experimental, as amostras compostas de digesta de cada dia de esvaziamento, formaram uma única composta, que foi devidamente processada e levada ao laboratório para análises. Através destas compostas, foi possível se estimar as taxas de ingestão, passagem e digestão.

Análises laboratoriais

Ao final dos períodos experimentais, as amostras coletadas foram avaliadas segundo Detmann (2012), sendo estas:

Secagem parcial em estufa a 55°C segundo o método INCT – CA G-001/1 das amostras de sobras, fezes, volumoso, e sólidos de rúmen e omaso.

Secagem parcial via liofilização segundo o método INCT – CA G-002/1 das amostras de líquido omasal e ruminal, digesta não representativa omasal e, BAL e BAP omasal e ruminal.

Moagem a 2mm das amostras compostas de sobras, fezes, digesta omasal, esvaziamento e dos constituintes da dieta.

Moagem a 1mm da amostra composta de sobras, fezes, digesta de omaso, esvaziamento ruminal, BAL e BAP e de digestas de omaso e rúmen, e dos constituintes da dieta.

Secagem definitiva em estufa à 105°C segundo o método INCT – CA G-003/1 da amostra composta de sobras, fezes, digesta de omaso, esvaziamento ruminal, BAL e BAP de omaso e rúmen, bem como dos constituintes da dieta

Análise de proteína bruta (PB) segundo método INCT - CA N-001/1 da amostra composta de sobras, fezes, digesta de omaso, esvaziamento ruminal, BAL e BAP de omaso e rúmen, bem como dos constituintes da dieta.

Análise de fibra insolúvel em detergente neutro segundo o método INCT - CA F-001/1, com posterior correção para cinzas (INCT - CA N-004/1) e proteína (INCT - CA M-002/1) da amostra composta de sobras, fezes, digesta de omaso, esvaziamento ruminal, e dos constituintes da dieta.

Análise de extrato etéreo (EE) via hidrólise ácida segundo o método AOAC (2000) da amostra composta de sobras, fezes, digesta de omaso, esvaziamento ruminal, e dos constituintes da dieta.

Análise de cinza total ou matéria mineral (MM) segundo o método INCT - CA M-001/1 da amostra composta de sobras, fezes, digesta de omaso, esvaziamento ruminal, BAL e BAP de omaso e rúmen, bem como dos constituintes da dieta.

Análise de fibra insolúvel em detergente neutro indigestível (FDNi) da amostra composta de sobras, fezes, digesta de omaso, esvaziamento ruminal, e dos constituintes da dieta segundo o método INCT - CA F-008/1.

Para estimativa do fluxo de digesta, as amostras de omaso foram também avaliadas quanto à concentração de cobalto, através de leitura em espectrofotômetro de absorção atômica (Spctr AA-800; Varian spectrometer, Harbor City, CA) após a digestão com ácido nitroperclórico, o qual foi preparado segundo o método INCT-CA M-004/1 descrito por Detmann et al. (2012).

As amostras de digesta, BAL e BAP omasal foram ainda avaliadas quanto à concentração de N-RNA, segundo sugerido por Zinn & Owens (1980) e modificado por Ushida et al. (1985).

A análise de amido foi realizada segundo adaptações do método descrito por Zinn et al. (1990) nas amostras de sobras, fezes, líquido de omaso, partículas do omaso, esvaziamento e nos alimentos. Com as amostras já moídas a 1 mm, quantidades entre 250 e 300 mg foram pesadas em tubos de ensaio com rosca e capacidade para 30 mL. Os mesmos tubos foram utilizados para preparo dos padrões e do branco.

Os padrões foram constituídos de quantidades crescentes de glicose anidra, nas concentrações de 50, 100, 150, 200 e 250 mg, passando também por todo processo. Depois de pesadas às amostras, foi adicionado em cada tubo 10 mL de água destilada, 500 µl da α -amilase Lyquozymes supra 2.2x, e uma gota de tolueno P.A (C₆H₅CH₃). Os tubos foram agitados em vortex e levados para banho maria à 100°C por três horas. Decorrido este tempo, as amostras foram desincubadas e colocadas imediatamente em banho de gelo por 10 minutos. Os tubos foram então abertos e uma nova pipetagem foi realizada, sendo adicionados 9,5 mL de solução tampão de Zinn (1990) e 500 µl de amiloglicosidase (AMG 300L). As amostras foram novamente agitadas em vortex de bancada e levadas para banho maria por mais duas horas à 39°C. Na sequência, os tubos foram colocados em mais um banho de gelo por 10 minutos. A etapa seguinte consistiu na adição de 2 mL de sulfato de

zinco (ZnSO₄) 15% em cada amostra, que foi novamente agitada em vortex e deixada 10 minutos em repouso. Posteriormente a solução foi filtrada em filtro de papel (JP41, Quanta). Na sequência, 1 ml do filtrado foi diluído em 5 mL de água destilada. Foram utilizados 100 µl da amostra diluída e 4 mL de o-toluidine solution (solução de ortho-toluidine em ácido acético glacial 6M com tiouréia como estabilizante) para preparo da próxima solução. Esta seguiu imediatamente para banho maria a 100°C por 10 minutos. Passado este tempo, as amostras foram colocadas em novo banho de gelo por mais cinco minutos, ficando posteriormente em repouso para atingir a temperatura ambiente. A leitura foi realizada em espectrofotômetro de absorvância a 630 nm.

As análises de ácidos orgânicos e de amônia foram realizadas segundo técnica proposta por Siegfried et al. (1984) e Chaney e Marbach (1962), respectivamente.

Cálculos da síntese microbiana e das taxas ruminais

Com o resultado obtido através da análise de N-RNA, juntamente com os dados referentes aos teores de PB, foi possível se estimar o fluxo de proteína bruta microbiana (PBmic). Para isso, primeiramente foi estimado o fluxo de N-RNA com os dados obtidos das amostras de digesta omasal. Posteriormente, com as amostras de BAL e BAP foi possível se encontrar a relação N-RNA/PB, que foi então aplicada ao fluxo de N-RNA para ser convertido em fluxo de PBmic. A eficiência microbiana foi expressa em função do consumo de matéria orgânica digerida (CMOD kg/dia)

Os fluxos foram quantificados utilizando o sistema de indicadores duplos (France et al., 1986), sendo um interno (FDNi) e um externo (Co-EDTA). Como apresentado anteriormente, o primeiro está associado ao trânsito da fase sólida e o segundo ao trânsito da fase líquida mais as pequenas partículas. Para se calcular o fluxo de digesta verdadeira, um fator de reconstituição (FR) foi estimado, de modo a corrigir a proporcionalidade entre as fases. Após o cálculo da quantidade (kg/dia) de matéria seca que deixava o rúmen e passava para o omaso, as concentrações de cada nutriente na digesta verdadeira foram estimadas. Desta forma, por simples multiplicação, foi possível se encontrar o fluxo de cada constituinte da dieta. Este dado foi utilizado posteriormente para cálculo das quantidades (kg/dia) e das porcentagens de material degradado no rúmen, que foram expressos em função do total consumido.

As taxas de ingestão (K_i), passagem (K_p) e digestão (K_d), foram estimadas em função do *pool* total de cada nutriente no rúmen, sendo expressa em %/hora, calculadas segundo Allen e Linton (2007). Seu cálculo é dado por:

$$K_i = \text{consumo do nutriente (kg/hora)} / \text{Pool ruminal do nutriente (kg)} * 100$$

$K_p = \text{fluxo omasal do nutriente (kg/hora)} / \text{Pool ruminal do nutriente (kg)} * 100$

$$K_d = K_i - K_p$$

Análises estatísticas

As seguintes variáveis foram analisadas: consumos, digestibilidades (total e ruminal), taxas (ingestão, passagem e degradação), *pool* e concentração de ácidos orgânicos, *pool* e composição das bactérias, síntese de proteína bruta microbiana, eficiência microbiana, quantidade de líquido ruminal. O experimento foi conduzido por meio de um delineamento em quadrado latino 5 x 5, assumindo cinco animais, cinco períodos e cinco dietas. As análises foram realizadas no procedimento MIXED do SAS[®] (versão 9.4) no qual os níveis de inclusão de volumoso na dieta representam o efeito fixo do modelo (dietas), e o animal e os períodos representam os efeitos aleatórios. O modelo é dado por:

$$Y_{ijk} = \mu + D_i + a_j + p_k + e_{ijk} ,$$

em que: μ = constante geral; D_i = efeito da dieta i (fixo); a_j = efeito do animal j (aleatório); p_k = efeito do período experimental k (aleatório); e e_{ijk} = efeito aleatório residual.

Foram realizadas análises de regressão contemplando os níveis D5, D15, D25 e D35 das dietas, avaliando os efeitos lineares, quadráticos e cúbicos. Os níveis de inclusão de fibra foram contrastados com a dieta CON através da diferença mínima significativa (DMS) do teste Dunnett ao nível de 5% de probabilidade.

Para a variável NAR, uma vez que esta foi medida em diferentes horários, as análises foram realizadas por meio de medidas repetidas (assumindo a matriz de covariância “unstructure”) no procedimento MIXED do SAS[®] a fim de considerar a possível interação entre dietas e horários. Sendo esta interação significativa, procedeu-se então o desdobramento para estudar as dietas dentro de cada horário. As comparações entre as dietas foram realizadas da mesma forma que as demais variáveis descritas anteriormente.

RESULTADOS

Matéria seca (MS) e matéria orgânica (MO)

Como o efeito cúbico não foi significativo para nenhuma das variáveis analisadas, este não foi incluído na apresentação dos resultados.

Devido ao fato de o comportamento da MS e da MO serem muito similares, os resultados e as discussões foram realizados com base na MO.

O CMO em Kg/dia apresentou tendência de resposta quadrática ($P < 0,10$) em relação ao nível de inclusão de FDNfe proveniente de volumoso (Tabela 4), tendo um consumo maximizado na dieta D5 (50 g/Kg de inclusão de forragem), o que correspondeu a 20,47 g/Kg de fibra fisicamente efetiva proveniente do volumoso. Quando contrastada às demais dietas através do teste de Dunnett, a dieta CON se mostrou inferior às demais ($P < 0,05$), com um consumo médio de 4,39 Kg/dia. Já o CMO expresso em relação ao peso corporal apresentou um efeito linear decrescente ($P < 0,05$), com o maior valor de 2,08 %PC, correspondente a D5, a partir da qual houve redução na ingestão com a inclusão de maiores quantidades de FDNfe proveniente de volumoso. As dietas D5, D15 e D25 foram significativamente ($P < 0,05$) superiores a dieta CON em relação ao CMO (%PC). Já a D35 apresentou tendência de significância ($P < 0,10$) em relação à CON.

Os coeficientes de digestibilidade ruminal da MO (%), apresentaram tendência de efeito quadrático ($P < 0,10$), tendo um valor máximo para a dieta D5 (57,47%), a partir da qual, com a elevação dos teores de FDNfe proveniente de volumoso, ocorreu redução na digestibilidade. Não houve diferença da dieta CON para as demais ($P > 0,05$). Esse padrão resultou em um efeito quadrático para a quantidade de matéria orgânica digerida no rúmen (Kg/dia), a qual foi máxima para a dieta D5, reduzindo para as demais. A dieta D5 foi significativamente superior à dieta CON ($P < 0,05$) para este parâmetro.

Houve tendência de efeito quadrático ($P < 0,10$) para a quantidade aparente total digerida de MO (Kg/dia), tendo um valor máximo para D5 (6,48 Kg). As dietas D5 e D15 foram significativamente superiores ($P < 0,05$) à CON, e a dieta D25 apresentou tendência de superioridade ($P < 0,10$). A dieta D35 foi semelhante à dieta CON ($P > 0,05$). Porém, quando se avaliou o coeficiente da digestibilidade total da matéria orgânica (%), percebe-se que houve um efeito linear decrescente, o qual foi superior para D5, e reduziu com a inclusão de fibra para as demais dietas. A D5 foi superior ($P < 0,05$) a CON, que por sua vez foi igual a D15 ($P > 0,05$) e superior a D25 e D35 ($P < 0,05$).

Tabela 4 – Consumos, digestibilidades aparentes totais e parciais da MS e MO, e taxas de ingestão de passagem e de digestão da MO de dietas contendo diferentes níveis de FDNfe de volumoso

Itens	Dietas					p - valor		EPM
	Controle	D5	D15	D25	D35	L ¹	Q ²	
FDNfe volumoso (g/kg)	0	20,47	61,41	102,35	143,29			
Matéria seca (MS)								
Consumo (Kg/dia)	4,58	8,52*	6,68*	6,63*	6,55*	0,012	0,073	0,4535
Consumo (%PC)	1,16	2,17*	1,76*	1,71*	1,65 [†]	0,013	NS	0,1227
Digestibilidade ruminal								
Kg/dia	2,3	4,34*	2,81	2,71	2,63	0,001	0,013	0,2473
%	50,04	51,31	42,35	40,84 [†]	40,16*	0,006	0,096	2,3249
Digestibilidade total								
Kg/dia	3,36	6,75*	4,98*	4,69 [†]	4,45	0,001	0,048	0,3491
%	72,92	79,21*	74,6*	70,81*	67,95*	<,001	0,044	0,4388
Matéria orgânica (MO)								
Consumo (Kg/dia)	4,39	8,17*	6,39*	6,34*	6,26*	0,011	0,072	0,4340
Consumo (%PC)	1,11	2,08*	1,68*	1,64*	1,58 [†]	0,012	NS	0,1170
Digestibilidade ruminal								
Kg/dia	2,39	4,69*	3,14	3,2	3,06	0,002	0,020	0,2600
%	54,5	57,47	49,23	50,37	48,8	0,008	0,081	1,8190
Digestibilidade total								
Kg/dia	3,29	6,48*	4,80*	4,50 [†]	4,25	0,001	0,056	0,3370
%	74,3	79,21*	75,09	70,96*	67,98*	<,001	NS	0,5120
Taxas MO (%/hora)								
Ki	4,77	7,84*	6,16	5,84	5,95	0,017	0,079	0,7156
Kp	2,17	3,40*	3,04*	2,73	2,73	0,037	NS	0,3156
Kd	2,54	4,54*	3,12	2,91	2,9	0,003	0,031	0,3975

(†) significativo a 10% pelo teste de Dunnett, (*) significativo a 5% pelo teste de Dunnett, ¹Efeito linear em relação ao nível de inclusão de fibra, ²Efeito quadrático em relação ao nível de inclusão de fibra, D5 = dieta com 5% de volumoso, D15 = dieta com 15% de volumoso, D25 = dieta com 25% de volumoso, D35 = dieta com 35% de volumoso.

Ocorreu uma tendência de efeito quadrático ($P < 0,10$) para a taxa de ingestão, a qual foi máxima para D5, sendo que somente esta diferiu da dieta CON ($P < 0,05$). Houve um efeito linear decrescente ($P < 0,05$) para a taxa de passagem, a qual foi máxima para D5. As dietas D5 e D15 foram superiores ($P < 0,05$) à dieta CON, que não diferiu de D25 e D35 ($P > 0,05$). A taxa de digestão seguiu o mesmo padrão da taxa de ingestão, havendo um efeito quadrático ($P < 0,05$) com um ponto de máximo em D5, que foi a única dieta a diferir da dieta CON ($P < 0,05$).

Fibra insolúvel em detergente neutro corrigida para cinzas e proteínas (FDNcp), e FDNcp potencialmente digestível (FDNcpPD).

O consumo de FDNcp (Kg/dia) apresentou tendência de efeito quadrático ($P < 0,10$), com um valor máximo para D35 e mínimo para D15. Todavia, quando expresso em unidades de peso corporal, este padrão foi modificado, ou seja, o consumo apresentou efeito linear crescente ($P < 0,05$), sendo que quanto maior a inclusão de FDNfe proveniente de volumoso, maior foi o consumo. Todas as dietas foram diferentes ($P < 0,05$) da dieta CON, tanto para o consumo expresso em Kg/dia, como para aquele expresso em porcentagem do peso corporal, (Tabela 5).

As quantidades de FDNcp digeridas no rúmen apresentaram tendência de efeito quadrático ($P < 0,10$), com um valor mínimo para D15 e máximo para D35. Todas as dietas diferiram da dieta CON ($P < 0,05$). O coeficiente de digestibilidade ruminal da FDNcp não diferiu para os níveis de inclusão de FDNfe ($P > 0,05$), sendo que as dietas D5 e D15 diferiram da dieta CON ($P < 0,05$), apresentando maiores valores.

A quantidade de FDNcp digerida em todo trato gastrointestinal aumentou linearmente com a inclusão de FDNfe de volumoso na dieta ($P < 0,05$), e todas as dietas diferiram da CON ($P < 0,05$) (Tabela 5). Já o coeficiente de digestibilidade da FDNcp reduziu linearmente ($P < 0,05$) e somente a dieta D35 não diferiu da controle ($P > 0,05$), apresentando as demais maiores coeficientes.

O consumo de FDNcpPD em Kg/dia apresentou tendência de efeito quadrático ($P < 0,10$), com um ponto de mínimo em D15, e um valor máximo para D35. Todas as dietas diferiram da dieta CON ($P < 0,05$). Já o consumo de FDNcpPD em relação ao peso corporal apresentou tendência de efeito linear crescente ($P < 0,10$), sendo máximo para a dieta com maior teor de FDNfe proveniente de volumoso

(D35). Todas as dietas diferiram da dieta CON ($P < 0,05$), apresentando maiores estes valores.

Tabela 5 - Consumo, digestibilidade total e parcial e taxas de ingestão, passagem e digestão da FDNcp e FDNcpPD de dietas contendo diferentes níveis de FDNfe de volumoso

Itens	Dietas					p - valor		EPM
	Controle	D5	D15	D25	D35	L ¹	Q ²	
FDNfe volumoso (g/kg)	0	20,47	61,41	102,35	143,29			
Fibra Insolúvel em Detergente neutro corrigida para cinzas e proteína (FDNcp)								
Consumo (Kg/dia)	0,62	1,23*	1,21*	1,45*	1,68*	0,001	0,078	0,0656
Consumo (%PC)	0,16	0,31*	0,32*	0,37*	0,42*	0,002	NS	0,0222
Digestibilidade ruminal								
Kg/dia	0,36	0,79*	0,77*	0,88*	1,03*	0,001	0,061	0,0467
%	55,77	63,86*	63,53*	60,6	61,35	NS	NS	1,6100
Digestibilidade total								
Kg/dia	0,39	0,86*	0,84*	0,94*	1,06*	0,005	NS	0,0455
%	62,06	70,08*	69,27*	65,05*	63,24	<,001	NS	0,4200
Fibra Insolúvel em Detergente neutro corrigida para cinzas e proteína potencialmente digestível (FDNcpPD)								
Consumo (Kg/dia)	0,44	0,94*	0,86*	0,97*	1,08*	0,025	0,062	0,0484
Consumo (%PC)	0,11	0,23*	0,23*	0,25*	0,27*	0,068	NS	0,0150
Digestibilidade ruminal								
Kg/dia	0,34	0,77*	0,75*	0,85*	0,96*	0,004	NS	0,0423
%	74,65	82,07*	87,24*	87,46*	89,49*	0,005	NS	1,4120
Digestibilidade total								
Kg/dia	0,39	0,86*	0,84*	0,94*	1,06*	0,005	NS	0,0470
%	87,64	91,70*	97,89*	97,07*	98,26*	<,001	NS	0,5909
Taxas FDNcp (%/hora)								

Ki	3,64	6,89*	3,7	3,35	3,37	0,001	0,009	0,4858
Kp	1,6	2,48*	1,36	1,35	1,26	0,004	0,036	0,1978
Kd	2,04	4,41*	2,34	2,18	2,11	0,001	0,014	0,3259

Taxas FDNcpPD (%/hora)

Ki	4,42	12,33*	7,40 [†]	9,30*	11,23*	NS	0,002	0,8441
Kp	1,07	2,20*	0,95	1,16	1,17	0,003	0,003	0,1683
Kd	3,36	10,14*	6,45 [†]	8,13*	10,05*	NS	0,003	0,7408

([†]) significativo a 10% pelo teste de Dunnett, (*) significativo a 5% pelo teste de Dunnett, ¹Efeito linear em relação ao nível de inclusão de fibra, ²Efeito quadrático em relação ao nível de inclusão de fibra, D5 = dieta com 5% de volumoso, D15 = dieta com 15% de volumoso, D25 = dieta com 25% de volumoso, D35 = dieta com 35% de volumoso.

A quantidade de FDNcpPD digerida no rúmen apresentou efeito linear crescente ($P < 0,05$), e todas as dietas apresentaram valores maiores que a dieta CON ($P < 0,05$). O coeficiente de digestibilidade ruminal da FDNcpPD apresentou efeito linear crescente ($P < 0,05$) e todas as dietas apresentaram valores maiores que a dieta CON ($P < 0,05$).

A quantidade total de FDNcpPD digerida aumentou linearmente com a inclusão de FDNfe de volumoso na dieta ($P < 0,05$), e todas as dietas apresentaram valores maiores que a dieta CON ($P < 0,05$). Quando se avalia o coeficiente de digestibilidade da FDNcpPD ao longo de todo trato gastrointestinal, observa-se que este apresentou efeito linear crescente ($P < 0,05$), onde todas as dietas apresentaram valores superiores à CON ($P < 0,05$).

Tanto a taxa de passagem como as taxas de ingestão e digestão da FDNcp e da FDNcpPD apresentaram efeito quadrático em relação ao nível de FDNfe de volumoso ($P < 0,05$), sendo que seus valores máximos ocorreram em D5 para ambos constituintes, e mínimos em D15 para a fibra potencialmente digestível. Para as três taxas ruminais, somente a dieta D5 diferiu da dieta CON em relação à FDNcp, apresentando valores maiores que a mesma ($P < 0,05$). Já para a FDNcpPD, as dietas D5, D25 e D35 foram superiores à dieta CON em relação à Ki e Kd ($P < 0,05$), tendo D15 apresentado tendência de superioridade ($P < 0,10$). Somente D5 foi superior à CON para Kp ($P < 0,05$).

Proteína bruta (PB)

O consumo de proteína bruta apresentou tendência de efeito quadrático ($P < 0,10$), com um valor máximo para a dieta D5 (Tabela 6). Todas as dietas tiveram valores maiores que a dieta CON ($P < 0,05$).

Não houve efeito do nível de fibra sobre a quantidade de proteína bruta digerida no rúmen ($P > 0,05$), sendo que todas as dietas foram equivalentes à CON ($P > 0,05$). O coeficiente de digestibilidade ruminal seguiu o mesmo padrão, não havendo efeito de nível de FDNfe proveniente de volumoso ($P > 0,05$). Nenhuma dieta diferiu da CON ($P > 0,05$)

A quantidade de PB digerida em todo trato gastrointestinal apresentou tendência de efeito quadrático ($P < 0,10$), com valor máximo para D5. Todas as dietas apresentaram valores superiores à dieta CON ($P < 0,05$). O coeficiente de digestibilidade total da PB diferiu em relação aos níveis de fibra ($P < 0,05$), apresentando efeito linear decrescente, com valor máximo observado para a dieta D5. Todas as dietas diferiram da dieta CON ($P < 0,05$), a qual foi numericamente menor.

Tabela 6 – Consumo e digestibilidades aparentes totais e parciais da PB de dietas contendo diferentes níveis de FDNfe de volumoso

Itens	Dietas					p – valor		EPM
	Controle	D5	D15	D25	D35	L ¹	Q ²	
FDNfe volumoso (g/kg)	0	20,47	61,41	102,35	143,29			
Proteína Bruta (PB)								
Consumo (Kg/dia)	0,53	1,09*	0,84*	0,83*	0,81*	0,006	0,059	0,0558
Digestibilidade ruminal								
Kg/dia	-0,039	-0,074	-0,059	-0,089	-0,084	NS	NS	0,0388
%	-10,28	-10,01	-9,83	-10,76	-10,36	NS	NS	6,7200
Digestibilidade Total								
Kg/dia	0,31	0,84*	0,67*	0,58*	0,55*	0,002	0,059	0,0484
%	61,71	76,41*	71,62*	69,87*	68,25*	0,001	NS	1,1320

([†]) significativo a 10% pelo teste de Dunnett, (*) significativo a 5% pelo teste de Dunnett, ¹Efeito linear em relação ao nível de inclusão de fibra, ²Efeito quadrático em relação ao nível de inclusão de fibra, D5 = dieta com 5% de volumoso, D15 = dieta com 15% de volumoso, D25 = dieta com 25% de volumoso, D35 = dieta com 35% de volumoso.

Extrato etéreo (EE)

O consumo de EE apresentou tendência de efeito quadrático ($P < 0,10$) em função do nível de FDNfe proveniente de volumoso, apresentando um ponto de máximo em D5 (Tabela 7). Somente esta dieta apresentou valor de consumo maior que a dieta CON ($P < 0,05$).

Tabela 7 – Consumo e digestibilidades aparentes totais e parciais do extrato etéreo de dietas contendo diferentes níveis de FDNfe de volumoso

Itens	Dietas					p - valor		EPM
	Controle	D5	D15	D25	D35	L ¹	Q ²	
FDNfe volumoso (g/kg)	0	20,47	61,41	102,35	143,29			
Extrato Etéreo (EE)								
Consumo (Kg/dia)	0,17	0,32*	0,22	0,2	0,18	<,001	0,062	0,0174
Digestibilidade ruminal								
Kg/dia	0,059	0,108*	0,046	0,010*	-0,018*	<,001	NS	0,0127
%	33,51	34,35	20,62	4,75*	-10,87*	<,001	NS	5,4490
Digestibilidade total								
Kg/dia	0,12	0,25*	0,16	0,14	0,12	<,001	0,016	0,0142
%	67,37	77,56*	70,13	69,52	69,46	0,022	NS	3,3520

(†) significativo a 10% pelo teste de Dunnett, (*) significativo a 5% pelo teste de Dunnett, ¹Efeito linear em relação ao nível de inclusão de fibra, ²Efeito quadrático em relação ao nível de inclusão de fibra, D5 = dieta com 5% de volumoso, D15 = dieta com 15% de volumoso, D25 = dieta com 25% de volumoso, D35 = dieta com 35% de volumoso.

A quantidade digerida no rúmen apresentou efeito linear decrescente ($P < 0,05$). A dieta D5 apresentou valores superiores em relação a dieta CON ($P < 0,05$), enquanto as dietas D25 e D35 apresentaram valores inferiores de digestão ($P < 0,05$). O coeficiente de digestibilidade ruminal do EE também apresentou efeito linear decrescente ($P < 0,05$), sendo que as dietas D25 e D35 apresentaram valores menores que a CON ($P < 0,05$).

A quantidade total de EE digerido apresentou efeito quadrático com ponto de máximo em D5 ($P < 0,05$), única dieta a diferir da CON ($P < 0,05$). Já o coeficiente

de digestibilidade total apresentou um efeito linear decrescente, sendo que a dieta D5 apresentou maior coeficiente em relação à CON (P < 0,05)

Carboidratos não fibrosos (CNF) e amido

O consumo de CNF apresentou tendência de efeito quadrático (P < 0,10) em função do nível de FDNfe proveniente de volumoso, com um ponto de máximo em D5. Somente esta dieta diferiu da CON (P < 0,05), apresentando maior valor de consumo. A dieta D15 apresentou tendência de maior consumo (P < 0,10) comparada à CON (Tabela 8).

Tabela 8 – Consumo e digestibilidades aparentes totais e parciais dos CNF e do amido em dietas contendo diferentes níveis de FDNfe de volumoso

Itens	Dietas					p - valor		EPM
	Controle	D5	D15	D25	D35	L ¹	Q ²	
FDNfe volumoso (g/kg)	0	20,47	61,41	102,35	143,29			
Carboidratos não fibrosos (CNF)								
Consumo (Kg/dia)	3,07	5,63*	4,21 [†]	3,99	3,75	0,001	0,070	0,2994
Digestibilidade ruminal								
Kg/dia	2,02	3,92*	2,77 [†]	2,66	2,36	0,001	0,047	0,1796
%	66,22	69,95	65,78	66,39	63,85	0,013	NS	1,6800
Digestibilidade total								
Kg/dia	2,42	4,62*	3,3	2,99	2,56	<,001	NS	0,2553
%	77,71	82,14*	78,31	75,07*	68,63*	<,001	NS	0,8339
Amido								
Consumo (Kg/dia)	2,89	5,24*	3,7	3,27	2,84	<,001	0,072	0,2801
Digestibilidade ruminal								
Kg/dia	2,07	3,83*	2,67 [†]	2,26	1,8	<,001	0,046	0,1610
%	71,91	73,88	72,68	69,2	64,47 [†]	0,004	NS	3,127

Digestibilidade total

Kg/dia	2,44	4,25*	3,01	2,45	1,84	<,001	NS	0,2598
%	83,52	81,27	81,69	75,07 [†]	71,09*	0,009	NS	2,8500

([†]) significativo a 10% pelo teste de Dunnett, (*) significativo a 5% pelo teste de Dunnett, ¹Efeito linear em relação ao nível de inclusão de fibra, ²Efeito quadrático em relação ao nível de inclusão de fibra, D5 = dieta com 5% de volumoso, D15 = dieta com 15% de volumoso, D25 = dieta com 25% de volumoso, D35 = dieta com 35% de volumoso.

A quantidade de CNF digerida no rúmen apresentou efeito quadrático ($P < 0,05$) com um ponto de máximo em D5. Quando contrastadas com a CON, D5 apresentou valores superiores ($P < 0,05$) e D15 tendência de superioridade ($P < 0,10$). O coeficiente de digestibilidade ruminal do CNF apresentou efeito linear decrescente ($P < 0,05$) com valor máximo em D5. Nenhuma dieta diferiu da dieta CON ($P > 0,05$)

A quantidade de CNF digerida no trato total apresentou efeito linear decrescente ($P < 0,05$), com valor máximo para D5, a única dieta a diferir da CON ($P < 0,05$). O coeficiente de digestibilidade total do CNF apresentou o mesmo comportamento, com um efeito linear decrescente e valor máximo para D5. Quando contrastadas com a CON, a dieta D5 apresentou valores maiores e as dietas D25 e D35 valores menores ($P < 0,05$).

Já o consumo de amido apresentou tendência de efeito quadrático ($P < 0,10$) com um ponto de máximo em D5 (20,47 g/Kg de inclusão de FDNfe de volumoso, ou 5% de cana). Somente esta dieta diferiu da CON ($P < 0,05$), apresentando maior número para este índice.

A quantidade de amido digerida no rúmen apresentou efeito quadrático ($P < 0,05$), com um ponto de máximo em D5, a qual diferiu da dieta CON, apresentando maior este parâmetro. Já a dieta D15 apresentou tendência de superioridade ($P < 0,10$) em relação à dieta CON. O coeficiente de digestibilidade ruminal reduziu linearmente ($P < 0,05$), com D35 apresentando tendência de valores menores que os observados para a dieta CON ($P < 0,10$).

A quantidade de amido digerida no trato total também decresceu linearmente com a inclusão de FDNfe de volumoso na dieta ($P < 0,05$), sendo que D5 apresentou valores maiores que a dieta CON ($P < 0,05$). O coeficiente de digestibilidade total do amido apresentou efeito linear decrescente ($P < 0,05$), sendo que D35 foi inferior à dieta CON ($P < 0,05$) e D25 apresentou tendência de inferioridade ($P < 0,10$).

Proteína microbiana

Como os valores de NDT são muito próximos aos de MOD (Tabela 9), os dados de eficiência foram relatados em função da MOD.

Tabela 9 – Composição e síntese dos microrganismos ruminais de animais recebendo dietas com diferentes níveis de FDNfe de volumoso

Itens	Dietas					p - valor		EPM
	Controle	D5	D15	D25	D35	L ¹	Q ²	
FDNfe volumoso (g/kg)	0	20,47	61,41	102,35	143,29			
Consumos (Kg/dia)								
MOD	3,25	6,47*	4,80*	4,50 [†]	4,25	0,001	0,056	0,3369
NDT	3,39	6,87*	5,10*	4,80 [†]	4,55	0,001	0,053	0,3553
Composição (%)								
Proteína Bruta								
BAL	45,37	39,88	46,58	46	44,67	0,083	0,030	3,0800
BAP	46,49	41,62	41,96	42,67	40,18	NS	NS	1,87
Matéria orgânica								
BAL	88,31	90,08	89,49	88,82	88,24	0,018	NS	0,8765
BAP	86,16	85,99	81,59	82,63	81,66	NS	NS	2,17
Relação PB								
PBmic/CPB	78,04	75,23	73,09	71,22	70,43	NS	NS	3,5600
PBmic sintetizada								
g/dia	408,71	814,04*	618,32*	589,35 [†]	570,50 [†]	0,002	0,063	46,0700
Eficiência microbiana								
g PBmic/ Kg MOD	125,59	126,16	128,49	131,1	134,15	NS	NS	6,3450

([†]) significativo a 10% pelo teste de Dunnett, (*) significativo a 5% pelo teste de Dunnett, ¹Efeito linear em relação ao nível de inclusão de fibra, ²Efeito quadrático em relação ao nível de inclusão de fibra, D5 = dieta com 5% de volumoso, D15 = dieta com 15% de volumoso, D25 = dieta com 25% de volumoso, D35 = dieta com 35% de volumoso.

O consumo de matéria orgânica digestível apresentou tendência de efeito quadrático ($P < 0,10$) em função do nível de inclusão de FDNfe proveniente de volumoso, com um valor de máximo em D5. Esta dieta, juntamente com D15 tiveram consumos maiores que a dieta CON ($P < 0,05$), enquanto D25 apresentou tendência de maiores consumos para esta variável ($P < 0,10$). D35 não diferiu da CON ($P > 0,05$)

A PB das bactérias associadas à fase líquida (BAL) apresentou efeito quadrático com um ponto de máximo em D15. Não houve diferença para a CON. Já a PB das bactérias associadas à fase sólida (BAP) não foi afetada pelo nível de FDNfe de volumoso ($P > 0,05$) e não ocorreu diferença entre estas e a CON ($P > 0,05$).

O teor de MO, relação PBmic/CPB e a eficiência microbiana não foram afetadas pelos níveis de FDNfe na dieta ($P > 0,05$) e não houve diferença para a CON ($P > 0,05$).

Todavia, a PBmic sintetizada g/dia apresentou tendência de efeito quadrático ($P < 0,10$), com valor máximo para D5. Todas as dietas proporcionaram maior síntese de PBmic comparada à CON ($P < 0,05$).

Não houve efeito dos níveis de fibra sobre a relação BAL/líquido ($P > 0,05$), e nenhuma dieta diferiu da CON ($P > 0,05$) (Tabela 10). No entanto, à medida que se elevou os níveis de FDNfe de volumoso, a contribuição das BAP no sólido aumentou linearmente ($P < 0,05$), não havendo diferença para a dieta CON. Esta alteração refletiu na contribuição das BAL/*pool* total, que tendeu ($P < 0,10$) a reduzir com o aumento de FDNfe proveniente de volumoso, e das BAP/*pool* total, que tendeu ($P < 0,10$) a elevar com esta inclusão.

Tabela 10 – Contribuição individual das BAL no líquido e das BAP no sólido e das BAL e BAP no *pool* bacteriano total de animais recebendo dietas com diferentes níveis de FDNfe de volumoso

Itens	Dietas					p – valor		EPM
	Controle	D5	D15	D25	D35	L ¹	Q ²	
FDNfe volumoso (g/kg)	0	20,47	61,41	102,35	143,29			
BAL e BAP (%)								
BAL/Líquido	12,21	10,54	18,3	12,52	16,12	NS	NS	5,4400
BAP/sólido	0,299	0,215	0,358	0,485	0,528	0,005	NS	0,0641
Relação BAL/ <i>pool</i> total e BAP/ <i>pool</i> total (%)								
BAL/ <i>pool</i> total	78,83	85,5	85,35	78,69	73,7	0,080	NS	5,3800
BAP/ <i>pool</i> total	21,17	14,5	14,65	21,31	26,3	0,080	NS	5,3900

(†) significativo a 10% pelo teste de Dunnett, (*) significativo a 5% pelo teste de Dunnett, ¹Efeito linear em relação ao nível de inclusão de fibra, ²Efeito quadrático em relação ao nível de inclusão de fibra, D5 = dieta com 5% de volumoso, D15 = dieta com 15% de volumoso, D25 = dieta com 25% de volumoso, D35 = dieta com 35% de volumoso.

pH ruminal

O pH se associou de forma linear crescente com os níveis de FDNfe proveniente de volumoso (Figura 1), sendo que somente as dietas CON, D5 e D15 permaneceram algumas horas do dia em faixas de pH abaixo de 5,5 (Figura 2). As dietas D25 e D35 estão presentes da faixa 5,5 – 5,8 em diante, concentrando a maior parte das horas na faixa acima de 6,2. As oscilações do pH ocorreram mais ou menos de forma padrão ao longo do dia, exceto para a dieta COM, que apresentou maiores variações (Figura 3).

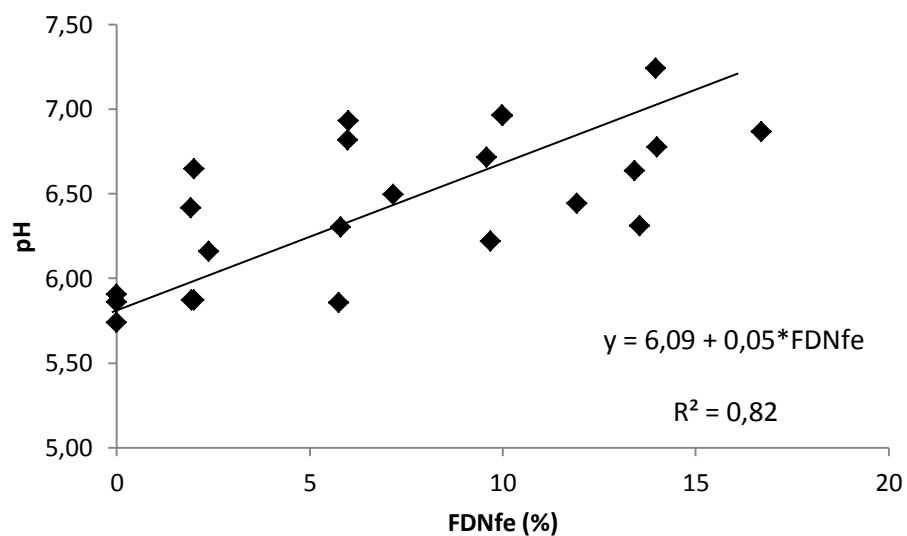


Figura 1 – Resposta do pH ruminal em função dos níveis de FDNfe de volumoso.

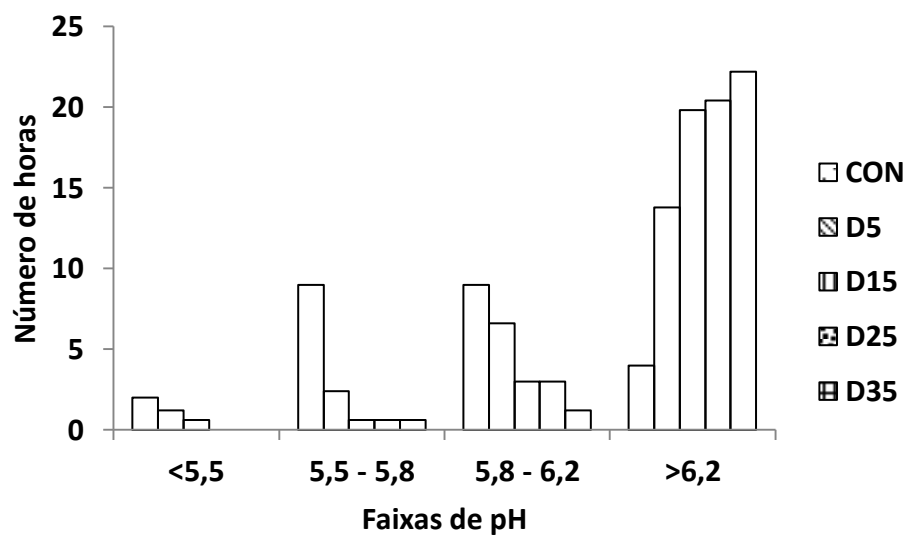


Figura 2 – Tempo de permanência (horas) de cada dieta em cada faixa de pH.

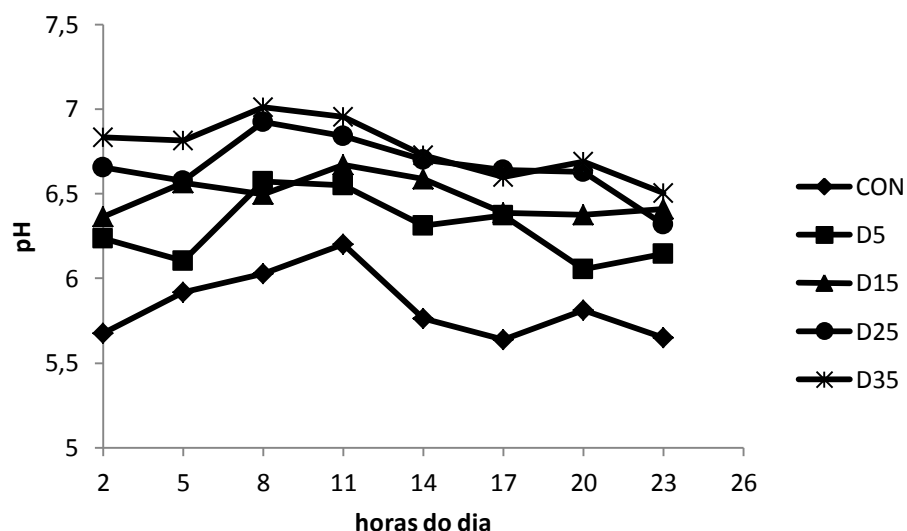


Figura 3 – Comportamento do pH ruminal ao longo do dia.

Ácidos orgânicos e Amônia ruminal

Não houve efeito da inclusão de volumoso sobre as concentrações de lactato e acetato ($P > 0,05$), sendo que nenhuma dieta diferiu da dieta CON ($P > 0,05$), como apresentado na Tabela 11. As concentrações de propionato apresentaram efeito linear decrescente ($P < 0,05$) em função do nível de FDNfe de volumoso na dieta, sendo que D5 apresentou tendência de menores concentrações em relação à CON ($P < 0,10$) e D15, D25, D35 obtiveram concentrações inferiores ($P < 0,05$). Houve uma tendência de redução linear na concentração de butirato em função dos níveis de FDNfe de volumoso ($P < 0,10$), sendo que nenhuma dieta foi diferente da CON ($P > 0,05$). Os níveis de FDNfe de volumoso não afetaram as concentrações de valerato ($P > 0,05$), sendo que as dietas D25 e D35 apresentaram tendência ($P < 0,10$) de menores concentrações em relação à CON. Já a relação A:P não apresentou efeito do nível de FDNfe de volumoso ($P > 0,05$), sendo que D15, D25 e D35 apresentaram maiores relações comparadas a dieta CON ($P < 0,05$).

O *pool* de acetato apresentou tendência de efeito linear crescente ($P < 0,10$), sendo que todas as dietas apresentaram valores maiores que o da dieta CON ($P < 0,05$). Já o *pool* de propionato reduziu linearmente com a inclusão de fibra ($P < 0,05$), não havendo diferença para a dieta CON ($P > 0,05$). Não houve diferença entre as dietas para o *pool* de butirato ($P > 0,05$).

A quantidade de líquido ruminal apresentou efeito linear crescente em função do nível de FDNfe de volumoso na dieta ($P < 0,05$), sendo que todas as dietas tiveram maiores quantidades comparadas a dieta CON.

Tabela 11 – Concentração e o *pool* dos ácidos orgânicos de dietas com diferente níveis de FDNfe de volumoso

Itens	Dietas					p – valor		EPM
	Controle	D5	D15	D25	D35	L ¹	Q ²	
FDNfe volumoso (g/kg)	0	20,47	61,41	102,35	143,29			
Concentrações AGV rúmen (mmol/L)								
Lactato	0,11	0,08	0,13	0,04	0,05	NS	NS	0,0388
Acetato	62,15	58,31	61,49	56,77	53,33	NS	NS	5,0740
Propionato	32,14	23,06 [†]	20,82*	15,61*	16,57*	0,040	NS	3,2700
Butirato	9,63	13,78	9,6	10,42	8,83	0,070	NS	1,6220
Valerato	1,92	1,29	0,8	0,71 [†]	0,58 [†]	NS	NS	0,3373
Relação A:P⁴	2,14	2,8	3,20 [†]	3,60*	3,20*	NS	NS	0,2992
<i>Pool</i> AGV ruminal (mmol)								
Acetato	444,63	1029,83*	1317,06*	1283,74*	1315,88*	0,093	NS	110,4100
Propionato	403,11	542,16	310,86	320,53	315,58	0,044	NS	68,9530
Butirato	102,67	170,87	246,26	211,87	162,74	NS	NS	44,7550
Total	655,59	1868,21*	1752,76*	1753,03*	1532,86*	NS	NS	192,2100
Líquido ruminal								
Litros	9,02	13,88*	16,86*	17,47*	17,58*	0,022	NS	1,0167

([†]) significativo a 10% pelo teste de Dunnett, (*) significativo a 5% pelo teste de Dunnett, ¹Efeito linear em relação ao nível de inclusão de fibra, ²Efeito quadrático em relação ao nível de inclusão de fibra, ⁴Relação acetato:propionato, D5 = dieta com 5% de volumoso, D15 = dieta com 15% de volumoso, D25 = dieta com 25% de volumoso, D35 = dieta com 35% de volumoso.

Não houve associação entre as variáveis concentração de AGV e quantidade de líquido ruminal ($R^2 = 0,0001$).

A concentração de NAR apresentou efeito de interação entre dieta e horário ($P < 0,05$), e o desdobramento desta interação pode ser visualizado na Tabela 12.

Tabela 12 – Concentração de nitrogênio amoniacal ruminal (NAR) por horário de coleta e média geral de dietas com diferentes níveis de FDNfe de volumoso

Itens	Dietas					p – valor		EPM
	Controle	D5	D15	D25	D35	L ¹	Q ²	
FDNfe volumoso (g/kg)	0	20,47	61,41	102,35	143,29			
Horário	Concentração (mM)							
2	6,23	1,68*	5,98	7,01	5,77	0,007	0,011	1,2765
5	1,62	2,98	6,18	7,22*	4,75	NS	0,019	0,8588
8	4,79	6,46	6,85*	10,96*	11,46	0,016	NS	1,4428
11	7,77	4,19	7,07	9,3	9,71	0,003	NS	1,3375
14	8,84	3,03*	4,54*	7,32	6,23	0,019	NS	1,0916
17	6,3	4,57	5,32	2,99	5,66	NS	NS	1,2274
20	13,26	4,75*	7,21*	3,75*	4,06*	NS	NS	1,5472
23	9,47	3,65*	5,13	4,12*	5,66	NS	NS	1,2645

([†]) significativo a 10% pelo teste de Dunnett, (*) significativo a 5% pelo teste de Dunnett, ¹Efeito linear em relação ao nível de inclusão de fibra, ²Efeito quadrático em relação ao nível de inclusão de fibra, D5 = dieta com 5% de volumoso, D15 = dieta com 15% de volumoso, D25 = dieta com 25% de volumoso, D35 = dieta com 35% de volumoso.

Nos horários de coleta 8h00, 11h00 e 14h00, as concentrações de NAR foram linear crescentes ($P < 0,05$), sendo as menores concentrações associadas à dieta D5. Já nos horários 2h00 e 5h00, as concentrações responderam de forma quadrática em relação ao nível de FDNfe de volumoso na dieta, sendo que as menores concentrações também estiveram associadas à dieta D5. A dieta D5 apresentou valores menores que a CON nos horários de 2h00, 14h00, 20h00 e 23h00, ($P < 0,05$). Já a dieta D15 apresentou valores diferentes da CON nos horários de 2h00, 14h00 e 20h00, sendo as concentrações superior, inferior e superior respectivamente ($P < 0,05$). A dieta D25 apresentou valores maiores que a CON nos horários 5h00 e 8h00 e menores nos horários 20h00 e 23h00 ($P < 0,05$). A dieta D35 apresentou uma menor concentração que a dieta CON somente no horário 20h00 ($P < 0,05$).

As maiores variações observadas da concentração de NAR ao longo do dia estiveram associadas à dieta CON (Figura 4).

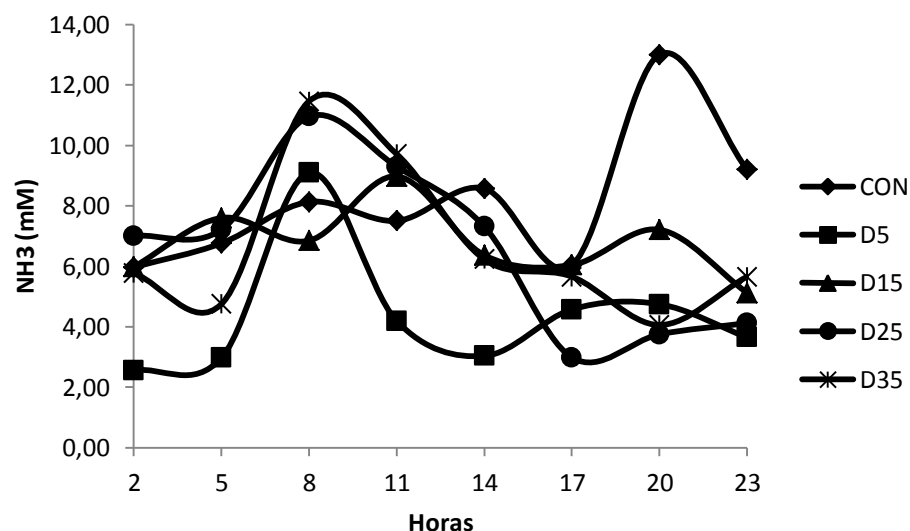


Figura 4 – Concentrações de NAR ao longo do dia

DISCUSSÃO

A dieta CON se mostrou inferior às demais dietas para muitos dos parâmetros avaliados, sendo que para quase todos estes, a dieta D5 apresentou os melhores resultados. Com apenas 20,47 g/Kg de fibra fisicamente efetiva de volumoso, foi possível se otimizar o consumo de quase todos os nutrientes, com exceção do consumo de FDNcp e FDNcpPD. Com a inclusão deste nível de fibra, um aumento de 3,94 Kg no CMO em relação à dieta CON pode ser observado, bem como uma diferença de 1,84 Kg para a dieta D15, a qual apresentou o segundo maior CMO. Todavia os pontos de otimização de consumo são muito variáveis, uma vez que as matrizes alimentares utilizadas nos sistemas de produção são muito diferentes, e este está diretamente relacionado ao tipo de processamento dos grãos (Caetano, 2012).

Ao se trabalhar com o grão de milho inteiro, a resposta animal em relação ao teor de fibra a ser adicionada pode ser diferente, pois o próprio grão de milho é capaz de atuar nos estímulos ruminatórios, que auxiliarão no processo de produção de saliva e conseqüentemente de tamponamento ruminal. Por esta razão, o nível crítico de volumoso encontrado neste trabalho para maximização do CMO foi menor dos que os descritos na literatura para as demais dietas, que podem chegar a níveis acima de 10% (Caetano, 2012; Melo, 2015).

Todavia, quando se comparam dietas similares, é possível se identificar uma correspondência de valores. Marques (2011) utilizou 116 tourinhos da raça Nelore (376 Kg) para avaliar dietas contendo milho grão inteiro com níveis crescentes de bagaço de cana-de-açúcar (0, 3, 6% da MS). Constatou-se que a inclusão de fibra

aumentou o CMS de forma quadrática, sendo o nível de 3% o de maior consumo. Este nível de inclusão fornece um teor de 2,51% de FDN_v, e se considerar a mesma efetividade de fibra, seria recomendado pelo autor uma inclusão de 20,31 g/kg de FDN_{fe} de volumoso, valor muito próximo ao observado neste trabalho.

O maior consumo para a dieta D5 está associado às maiores taxas ruminiais observadas para este nível de inclusão de fibra, sendo que a taxa passagem é um dos mais importantes parâmetros que influenciam o desaparecimento ruminal da digesta e a ingestão de alimentos (Valadares Filho e Pina, 2006). Com a utilização de 20,47 g/Kg de FDN_{fe} a K_p aumentou em mais de 1%/hora em relação à dieta sem volumoso.

Como as partículas precisam adquirir tamanho e densidade adequados para passarem pelo orifício retículo-omasal, e estes são função também da colonização microbiana, a taxa de digestão é uma variável importante que afeta a taxa de passagem (Valadares Filho e Pina, 2006). Quanto mais rapidamente ocorrer a redução do tamanho de partículas e elevação da densidade específica, mais rapidamente a digesta sairá do rúmen. Como a dieta D5 apresentou o menor teor de carboidratos de parede celular, esta obteve uma maior taxa de degradação (4,54 %/hora). Este comportamento também está associado à taxa de ingestão, que foi maior para D5 (7,84 %/hora). Este padrão de associação entre as taxas ruminiais e o consumo também é descrito por outros autores (Clauss et al., 2009; Coleman et al., 2003; Dias et al., 2014).

Os nutrientes PB, EE, CNF e amido seguiram o mesmo padrão de consumo que a MO, com os maiores valores associados à dieta D5. Quando se avalia o CPB, por exemplo, que é um importante componente do metabolismo animal, percebe-se que somente esta dieta estaria com um consumo adequado (1,09 Kg/dia), considerando recomendações do BR-CORTE (2016), que estima que para que um zebuino macho não castrado com peso médio dos animais descrito neste trabalho (393 Kg) ganhe 1000 g/dia, é necessário um consumo de 924,48 g/dia de proteína bruta.

No entanto, de modo geral, ao se elevar os teores de FDN_{fe} das dietas, o consumo de fibra (FDN_{cp} e FDN_{pd}) se elevou. A dieta D15, mesmo possuindo maiores concentrações destes constituintes, apresentou menor valor de consumo comparada à dieta D5. Este fato está associado ao menor consumo total de MO que a primeira obteve em relação à segunda, que compensou a maior concentração de FDN_{cp} e FDN_{cpPD} desta dieta. O menor consumo, refletiu em sua menor K_p para a FDN_{cpPD}, mostrando mais uma vez a importante associação entre estas duas variáveis.

As digestibilidades (ruminal e total) dos nutrientes PB, EE, CNF e amido também seguiram em sua maioria, o padrão observado para a MO, onde os maiores valores estiveram associados à dieta D5, a partir da qual, com a inclusão FDN_{fe},

ocorreu uma redução no aproveitamento dos constituintes da dieta. Dois fatores podem estar associados a essa resposta, sendo um a substituição de alimentos e outro a modificação na população microbiana ruminal e consequente modificação nas características desta câmara.

A digestibilidade dos carboidratos prontamente disponíveis, que serão aqui genericamente representados pelo amido, se encontra basicamente em uma faixa compreendida entre 70 e 95%, quando se trabalha com dietas similares à do presente estudo (Godoi, 2017; Marques, 2011; Martins, 2013). Já a digestibilidade da fonte de volumoso, descrita, por exemplo, por Ezequiel et al. (2005), é de aproximadamente 58,6%, demonstrando a influência desta substituição sobre os parâmetros digestivos observados para as dietas. Esta associação entre elevação dos níveis de fibra e redução nas digestibilidades também é descrita por outros autores (Zinn et al., 1994; Signoretti et al., 1999; Ítalo et al., 2002; Hales et al., 2014; Burken et al., 2017).

Outro ponto que pode ser destacado, principalmente quando se avalia o padrão de digestão do amido e da FDN_{cp} e FDN_{cpPD}, que são dois importantes constituintes neste tipo de dieta, é a alteração na população microbiana que pode ocorrer, quando os animais são alimentados com níveis diferentes de forragem. De modo geral, a adição de maiores quantidades de carboidratos de fácil digestão promove uma redução no pH ruminal, que favorece o crescimento de microrganismos utilizadores de amido e produtores de lactato, como é o caso de *S. bovis* e *Lactobacillus ssp.* (Owens et al., 1998). Em contra-partida, por competição de substrato e adaptação ao ambiente ruminal, aqueles utilizadores de fibra reduzem seu crescimento. Consequentemente, a digestibilidade do amido em dietas com maiores teores de grãos pode ser facilitada, como ocorreu com a dieta D5, enquanto a digestão da fibra pode ser prejudicada, como ocorreu com a dieta CON, também porque condições ruminais sub-ótimas, relacionadas principalmente ao pH, proporcionam menor degradação ruminal da fibra, aumentando a participação dos outros sítios na degradação da mesma (Huhtanen et al., 2006)

Para demonstrar esta modificação na microbiota ruminal, Fernando et al. (2010) avaliaram o período de adaptação de bovinos na fase de terminação à dietas de alto concentrado e verificaram que as dietas contendo maiores quantidades de volumoso apresentavam melhor desenvolvimento de bactérias associadas ao filo *Fibrobacteres*, enquanto as dietas contendo maior proporção de concentrado possibilitavam maior desenvolvimento de bactérias do filo *Bacteroidetes*. Estes filos apresentam microrganismos que desempenham diferentes funções. No entanto o primeiro se caracteriza por possuir aqueles ligados à degradação da fibra e o segundo à degradação de carboidratos solúveis.

Quando se discute a respeito das características metabólicas relacionadas à fibra, é importante que se divida esta fração em suas porções potencialmente digestíveis e indigestíveis. A primeira é estimada pela diferença entre a FDN_{cp} e a FDN_i, sendo a segunda estimada por incubação ruminal. Quando se avalia o

FDNcpPD, retira-se o efeito de confundimento causado pela FDNi, que se concentra na fração FDNcp quando esta passa pelo trato digestivo.

Com a adição de níveis crescentes de FDNfe de volumoso, o consumo de componentes de parede celular associados ao FDNcp se elevou, resultando em uma menor taxa de degradação ruminal (Kd). Conseqüentemente, o tempo médio de retenção do material fibroso no rúmen aumentou, permitindo que maiores quantidades fossem degradadas nesta câmara e no trato total. Todavia, quando se avalia os coeficientes de digestibilidade ruminal e total, nota-se que eles decresceram para FDNcp e cresceram para FDNcpPD em função do nível de fibra.

Isso, pois, o FDNcp ao passar pelo trato digestivo, sofre redução de sua fração potencialmente digestível, com conseqüente concentração da fração indigestível, o que pode gerar o efeito de elevação dos níveis de fibra e redução em sua digestibilidade, assim como relatado pelos autores Hales et al. (2014), Benton et al. (2015) e Weiss et al. (2017). De modo geral, os trabalhos envolvendo avaliações de dietas com níveis crescentes de fibra para bovinos na fase de terminação, indicam o padrão de resposta verificado para a FDNcpPD como relatado por Clauss et al. (2009).

Com a inclusão de 20,47 g/Kg de FDNfe de volumoso, foi possível se elevar em 7,42 unidades percentuais a digestão ruminal da FDNcpPD comparada a dieta CON, o que é um índice de melhoria nas características de fermentação desta câmara, associadas principalmente ao pH, o qual apresentou um efeito linear crescente em função do nível de FDNfe, como apresentado na Figura 1.

Este comportamento de elevação do pH para níveis mais elevados de volumoso na dieta ou redução para adição de alimentos concentrados é bem reportado na literatura (Benton et al., 2015; Huhtanen e Jaakkola, 1993; Matins, 2013), sendo inclusive, sugerido pelo NASEM (2016), uma equação para estimativa do potencial hidrogênio com base no nível de FDNfe. Todavia, os dados se ajustaram melhor ao modelo proposto, apresentando um bom coeficiente de determinação ($R^2 = 0,82$)

Com o aumento da concentração de carboidratos não estruturais na dieta, houve uma redução de pH e uma menor digestão ruminal da fibra, principalmente pela possível modificação na população microbiana, como descrito anteriormente. As bactérias fibrolíticas são mais sensíveis aos baixos valores de pH comparadas às bactérias utilizadoras de amido (Hungate 1996; Russell e Dombrowski, 1980). Valores de pH abaixo de 6,2 podem comprometer a digestão de compostos fibrosos. A dieta CON foi a mais comprometida em termos de ambiente ruminal, ficando a maior parte do tempo com concentrações hidrogeniônicas abaixo de 6,2. Este quadro explica a baixa digestibilidade ruminal observada para essa dieta. Já com a dieta D5 a situação se inverteu, permanecendo os animais com valores de pH superior a 6,2 mais da metade do dia. Para as demais dietas, os valores de pH e digestibilidade de fibra foram crescentes.

Com a elevação dos níveis de FDNfe de volumoso na dieta, a taxa de fermentação e de produção de ácidos orgânicos diminui, favorecendo também maior tempo de ruminação, o que permite maior produção de saliva e tamponamento ruminal (Allen, 1997).

As médias de pH foram de 5,84; 6,19; 6,48; 6,66 e 6,77 para as dietas CON, D5, D15, D25 e D35 respectivamente. Da dieta CON para a dieta D5, percebe-se que os animais migraram de uma faixa de acidose sub-aguda ou crônica, onde prejuízos digestivos e produtivos podem ser observados (Owens et al., 1998; Galyean e Rivera, 2003), para uma faixa onde estes danos não são mais significativos. Este padrão de resposta reforça os dados apresentados sobre consumo e digestibilidade, os quais foram na maioria das vezes inferiores para a dieta sem volumoso.

No entanto, as médias podem ocultar informações importantes, uma vez que esta é afetada por valores extremos, podendo os animais terem atingido concentrações hidrogeniônicas muito baixas e muito altas, ou mesmo valores médios. Sendo assim, é necessário o conhecimento de quantas horas em média cada dieta permaneceu em cada faixa de pH, como foi mostrado na Figura 2.

Percebe-se que na maior parte do dia (20 h) a dieta CON permaneceu com pH abaixo de 6,2, o que já se torna um limitante no uso da fibra da dieta. Deste tempo, mais da metade (11 h) esteve abaixo de 5,8. A partir da dieta D5 este quadro se inverte, sendo que em 21,4 h do dia a concentração esteve acima de 5,8. Deste montante, em 13,8 h o pH se manteve acima de 6,2. As dietas D15, D25 e D35 permaneceram 19,8 h, 20,4h e 22,2h com pH acima de 6,2, corroborando os dados encontrados para a digestibilidade da FDNcpPD. Além disso, Grant e Mertens (1992) sugeriram que o crescimento microbiano ideal se dá em pH 6,2, sendo que a permanência em valores abaixo de 6, pode comprometer a síntese microbiana. Este relato também está de acordo com os dados encontrados para a síntese de PBmic.

Além disso, segundo Humer et al. (2017), a neutralização dos produtos da fermentação que são capazes de desregular o balanço ácido-base é realizada de duas principais formas. A secreção de saliva é indispensável neste processo (Allen, 1997; Chibisa et al., 2016), no entanto, a absorção via epitélio ruminal é o principal fator (Penner et al., 2009), atuando mais fortemente o segundo depois que o primeiro já foi comprometido (Schwaiger et al., 2013). Estes mecanismos são afetados diretamente pela concentração de FDNfe da dieta, uma vez que esta fração é capaz de estimular a secreção salivar e reduzir a digestibilidade e fermentabilidade da dieta (Humer et al., 2017), além de promover aumento na motilidade ruminal pelo estímulo a sensores do epitélio desta câmara (Zebeli et al., 2012).

Os dados encontrados para a concentração e *pool* dos ácidos graxos estão de acordo com os resultados obtidos por Hall et al. (2015), os quais descreveram que a concentração não é um bom parâmetro de contraste entre dietas, uma vez que esta é função da taxa de produção, absorção e passagem. Além disso, concentrações iguais são encontradas no rúmen de animais com quantidades de líquido muito diferentes.

Percebe-se que a correlação entre as variáveis AGV e L é próxima de zero, indicando fraca associação entre a quantidade produzida e sua concentração no líquido ruminal. Foi verificada uma diferença de até 9L para uma mesma concentração.

O menor valor observado de NAR foi para a dieta D5, a partir da qual houve um aumento linear nas concentrações. Estes dados corroboram com os valores encontrados para síntese de PBmic, a qual foi maior para a dieta com 20,47 g/kg de FDNfe de volumoso, indicando melhor uso das fontes nitrogenadas para fixação pelos microrganismos. Godoi (2017) encontrou uma concentração de 7,16 mM de NAR associada aos animais que consumiam uma dieta semelhante à dieta COM utilizada neste trabalho, valor muito próximo ao encontrado (7,29 mM).

A interação observada entre dieta e horário de coleta muito possivelmente ocorreu em função de um pico de NAR observado às 20h00 para a dieta CON, enquanto as concentrações dos demais dietas se mantinham mais ou menos constantes.

Todos estes dados estão diretamente relacionados aos resultados encontrados para a proteína microbiana. De modo geral, o aumento no consumo de MO é o mecanismo mais relevante para o aumento da disponibilidade de aminoácidos no intestino delgado, o que é resultado da maior síntese microbiana e maior escape de PNDR (Clarck et al., 1992). Como o consumo e a digestibilidade da MO tiveram efeitos quadráticos ou lineares decrescentes, o consumo de matéria orgânica digerida também seguiu este padrão, com os maiores valores associados aos menores níveis de FDNfe de volumoso. Houve uma diferença de consumo de mais de 1,5 Kg da dieta D5 para as demais dietas, indicando mais uma vez, assim como os outros parâmetros já discutidos, um melhor desempenho metabólico nutricional desta dieta.

De forma geral, a quantidade de PBmic sintetizada está diretamente relacionada a quantidade de MO digerida no rúmen (Russell et al., 1992). Este parâmetro apresentou efeito quadrático em função do nível de FDNfe de volumoso na dieta, mesmo padrão apresentado para síntese microbiana, a qual foi de 408,71, 814,04, 618,32, 589,35 e 570,50 g/dia para as dietas CON, D5, D15, D25 e D35 respectivamente. Godoi (2017) encontrou um fluxo de PBmic de 390,06 g/dia para a dieta sem volumoso, valor de aproximadamente 18 unidades percentuais inferior ao encontrado no presente trabalho para este tipo de dieta. Esta diferença pode ser atribuída à condição ruminal dos animais. Esse autor descreve que os animais submetidos a esta dieta, permaneceram todo o dia com o pH abaixo de 5,2, o que caracteriza uma acidose aguda, e afeta diretamente o crescimento microbiano. Neste estudo, embora os animais tenham apresentado baixos valores de concentração hidrogeniônica, faixas de 5,8 a 6,2 foram atingidas por algumas horas do dia.

Outro ponto importante que afeta a síntese microbiana é o tipo de microrganismo que se desenvolve no rúmen. De modo geral, dois grupos podem ser destacados de acordo com o tipo de carboidrato utilizado. O primeiro é referente

àqueles que fermentam principalmente os carboidratos fibrosos e utilizam amônia para síntese de proteína, os quais apresentam um desenvolvimento mais lento. O segundo envolve os fermentadores de açúcares, amido e pectina, que utilizam tanto amônia como peptídeos e aminoácidos para síntese proteica, sendo aqueles de crescimento mais acelerado (Russell et al., 1992). Com a adição de volumoso na dieta, muito possivelmente esta população foi alterada, tendendo para o desenvolvimento de uma microbiota de crescimento mais rápido, o que pode explicar os dados de síntese microbiana, onde D5 apresentou maior produção diária.

O sistema de exigência de bovinos puros e cruzados BR-CORTE (2016) sugere a seguinte equação par estimativa do fluxo de PBmic para o abomaso: $PBmic = -93,62 + 381,7 \times CPB + 90,7 \times CMOD - 3,13 \times CMOD^2$, onde: CPB = consumo de proteína bruta em Kg/dia; CMOD = consumo de matéria orgânica digestível em Kg/dia.

Aplicando o modelo no conjunto de dados obtem-se um fluxo de PBmic de 363,23 g/dia, 772,24 g/dia, 591,13 g/dia, 560,94 g/dia e 545,23 g/dia para as dietas CON, D5, D15, D25, D35 respectivamente. Percebe-se que o modelo proposto, na média, indica uma quantidade menos de 10% menos para todas as dietas..

Por outro lado, a eficiência microbiana é função de uma série de fatores, como consumo voluntário, relação volumoso:concentrado, fonte e quantidade de carboidratos não estruturais, teor de PB e de lipídeo da dieta, tipo de processamento de grão e forrageiras, método de conservação, suplementação mineral, dentre outros (Clack et al., 1992). No entanto, segundo Santos et al. (2016), a maior parte dos trabalhos da literatura mostra que os níveis de carboidratos não fibrosos e os compostos nitrogenados são os que mais afetam esta variável. Além disso, segundo Van Soest (1994), a eficiência microbiana é inversamente proporcional à produção de ácidos graxos voláteis.

Outra variável que poderia ter influenciado a eficiência microbiana é o pH. Em condições de elevadas concentrações hidrogeniônicas, um maior gasto de energia por parte dos microrganismos para manutenção da homeostase de seu citosol é verificada (Strobel e Russell, 1986). No entanto, este efeito também não foi verificado.

Os valores de eficiência reportados na literatura são bem variáveis, chegando a 160,26 g/Kg de MO digestível para dietas de alto concentrado (Godoi, 2017). Logo, o intervalo de 125,39 a 134,15 g/Kg de MOD encontrado para as dietas está dentro de um limite aceitável.

É comum encontrar nos trabalhos envolvendo avaliações da população ruminal, que 70 a 80% da massa microbiana se encontra aderida às partículas (Valadares Filho e Pina, 2006), e que a contribuição das BAP é superior a das BAL, podendo chegar a 90% (Faichney, 1980). No entanto, através do uso de um método

indireto de quantificação, estimou-se a contribuição de cada um destes tipos de bactérias na população total, e os dados obtidos apontaram o contrário.

Mesmo que a massa de sólidos na ASA (média = 4,34 Kg) tenha sido superior a massa de líquido nesta mesma base (média = 0,70 Kg), a proporção de BAL que está presente na fase aquosa é muito superior a proporção de BAP aderida aos sólidos mais grandes partículas (média de 36,68 vezes), compensando a menor quantidade de líquido. Os dados observados indicam uma relação exatamente inversa à descrita na literatura, contribuindo as BAL com valores entre 73,70 a 85,50%. Embora o método utilizado seja subjetivo, estes dados indicam que mais pesquisas devem ser realizadas com o intuito de se avaliar de fato qual a contribuição de cada fase bacteriana na microbiota ruminal.

CONCLUSÃO

Sendo assim, um nível de FDNfe proveniente de volumoso de 20,47 g/kg, correspondente a 5% de cana-de-açúcar, pode ser utilizado em substituição ao *pellet* em dietas de grão inteiro de milho, de forma a melhorar os parâmetros nutricionais e metabólicos deste tipo de matriz alimentar.

REFERÊNCIAS

- ALLEN, M. S. Relationship between fermentation acid production in the rumen and the requirement for physically effective fiber. **J. Dairy Sci.** 80:1447–1462. doi:10.3168/jds.S0022-0302(97)76074-0. 1997.
- ALLEN, M. S., and LINTON, J. A. In vivo methods to measure digestibility and digestion kinetics of feed fractions in the rumen. **In: Proc of 1st Simpósio Internacional Avanços em Técnicas de Pesquisa em Nutrição de Ruminantes.** Pirassununga, Brazil: Universidade de São Paulo, p. 72-89, 2007.
- ANUALPEC. **Anuário da Pecuária Brasileira** 1st ed. Instituto FNP e Agra FNP Pesquisas Ltda, São Paulo, Brasil, 2016.
- AOAC. OFFICIAL METHODS OF ANALYSIS OF AOAC INTERNATIONAL. 17 ed., Githersburg, Maryland, 2000.
- ARMENTANO, L., and PEREIRA, M. Measuring the effectiveness of fiber by animal response trials. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 80, p. 1416-1425, 1997.
- BAUMAN, D. E., MATHER, I. H., WALL, R. J., and LOCK, A. L., Major advances associated with the biosynthesis of milk. **Journal of Dairy Science.** 89:1235-1243. 2006.
- BENTON, J. R., Watson, A. K., ERICKSON, G. E., KLOPFENSTEIN, T. J., POL, K. J., MEYER, N. F., and GREENQUIST, M. A. Effects of roughage source and inclusion in beef finishing diets containing corn wet distillers' grains plus solubles. **Journal of animal science**, v. 93, n. 9, p. 4358-4367, 2015.
- BERGMAN, E. N. Energy contributions of volatile fatty acids from the gastrointestinal tract in various species. **Physiological Reviews**, 70:567, 1990.
- BODDUGARI, K., GRANT, R., STOCK, R., and LEWIS, M., Maximal replacement of forage and concentrate with a new wet corn milling product for lactating dairy cows. **J. Dairy Sci.** 84:873-884. 2001.
- BURKEN, D. B., NUTTELMAN, B. L., JOLLY-BRIETHAUP, M. J., GRAMKOW, J. L., GARDINE, S. E., KLOPFENSTEIN, T. J., McDonald, J. C. and ERICKSON, G. E. Digestibility and performance of steers fed varying inclusions of corn silage and modified distillers grains with solubles to partially replace corn in finishing diets. **Translational Animal Science**, 1(3), 382-396. 2017.

- CAETANO, M. **Efeito do processamento do milho e dos teores de fibra no desempenho de bovinos Nelore em terminação.** Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. 2012.
- CHANEY, A. L., and MARBACH, E. Modified reagents for determination of urea and ammonia. **Clinical Chemistry.** 8, 130-137. 1962.
- CHIBISA, G. E., K. A. BEAUCHEMIN, and G. B. PENNER. Relative contribution of ruminal buffering systems to pH regulation in feedlot cattle fed either low- or high-forage diets. **Animal** 10:1164-1172. 2016.
- CLAUSS, M., HUME, I. D., and HUMMEL, J., Evolutionary adaptations of ruminants and their potential relevance for modern production systems. **Anim. Sci.** 4: 979-992. 2010.
- CLAUSS, M., C. NUNN, J. FRITZ, and J. HUMMEL. Evidence for a tradeoff between retention time and chewing efficiency in large mammalian herbivore. **Comp. Biochem. Physiol. A Mol. Integr. Physiol.** 154:376–382. 2009.
- COLEMAN, S. W., S. P. HART, and T. SAHLU. Relationship among forage chemistry, rumination and retention time with intake and digestibility of hay by goats. **Small Rumin. Res.** 50:129–140. 2003.
- CORONA, L., OWENS, F. N., and ZINN, R. A. Impact of corn vitreousness and processing on site and extent of digestion by feedlot cattle. **Journal of animal science**, 84:3020-3031, 2006.
- CORREA, C. E. S., SHAVER, R. D., PEREIRA, M. N., LAUER, J. G., and KOHN, K. Relationship between corn vitreousness and ruminal in situ starch degradability. **Journal of Dairy Science**, 85:3008-3012, 2002.
- CRUZ, J. C., PEREIRA FILHO, I. A., e SILVA, G. H. Mais de 170 cultivares transgênicas são disponibilizadas no mercado de sementes do Brasil para a safra 2011/12. **APPS. Associação Paulista dos Produtores de Sementes e Mudanças, São José Rio Preto**, 4, 2011.
- DANIEL, J. L. P., GOULART, R. S., SANTOS, V. P., SCHMIDT, P., e NUSSIO, L. G. Adequação da fração fibra em rações para bovinos. **In: SIMPÓSIO SOBRE BOVINOCULTURA LEITEIRA**, 6., 2008, Piracicaba. Requisitos de qualidade na bovinocultura leiteira: anais... Piracicaba: FEALQ, p. 245-276. 2008.
- DETMANN, E., GIONBELLI, M. P., and HUHTANEN, P. A meta-analytical evaluation of the regulation of voluntary intake in cattle fed tropical forage-based diets. **J. Anim. Sci.** 92:4632-4641. doi:10.2527/jas.2014-7717. 2014.
- DETMANN, E., SOUZA, M. A., VALADARES FILHO, S. C., QUEIROZ, A. C., BERCHIELLI, T. T., SALIBA, E. O. S., CABRAL, L. S., PINA, D. S.,

- LADEIRA, M. M., e AZEVEDO, J. A. G. (Eds.) **Métodos para análise de alimentos**. Visconde do Rio Branco: Suprema, 214p, 2012.
- DIAS, R. S.; H. O., LÓPEZ, S., PRATES, E., SWANSON, K. C., and FRANCE, J. Relationships between chewing behavior, digestibility, and digesta passage kinetics in steers fed oat hay at restricted and ad libitum intakes. **Journal of animal science**, v. 89, n. 6, p. 1873-1880, 2014.
- EZEQUIEL, J. M. B., QUEIROZ, M. A. Á., GALATI, R. L., MENDES, A. R., PEREIRA, E. M. D. O., FATURI, C., NASCIMENTO FILHO, V. F., e FEITOSA, J. V. Processamento da cana-de-açúcar: efeitos sobre a digestibilidade, o consumo e a taxa de passagem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, p. 1704-1710, 2005.
- FAICHNEY, G. J. Measurements in sheep of the quantity and composition of rumen digesta and the fractional outflow rates of digesta constituents. **Australian Journal of Agricultural Research**, 31:1129-1137, 1980.
- FERNANDO, S. C., PURVIS, H. T., NAJAR, F. Z., SUKHARNIKOV, L. O., KREHBIEL, C. R., NAGARAJA, T. G., ROE, D. A., and DeSILVA, U. Rumen microbial population dynamics during adaptation to a high-grain diet. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 76, n. 22, p. 7482-7490, 2010.
- FOX, D. G., and TEDESCHI, L. O. Application of physically effective fiber in diets for feedlot cattle. In: **Proceedings of the Plains Nutrition Conference**. p. 67. 2002.
- FRANCE, J., and SIDDON, R. C. Determination of digesta flow by continuous marker infusion. **Journal of Theoretical Biology**, 121:105-119, 1986.
- GALYEAN, M. L., ABNEY, C.S. Assessing roughage value in diets of high producing cattle. In: **SOUTHWEST NUTRITION MANAGEMENT CONFERENCE, 2006**, Tucson. **Proceedings...** Tucson: University of Arizona, p. 127-144. 2006.
- GALYEAN, M. L.; DEFOOR, P. J. Effects of roughage source and level on intake by feedlot cattle. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 81, suppl. 2, p. E8-E16, 2003.
- GALYEAN, M. L., and RIVERA, J. D. Nutritionally related disorders affecting feedlot cattle. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v. 83, p. 13-20, 2003.
- GENTRY, W. W., WEISS, C. P., MEREDITH, C. M., McCOLLUM, F. T., COLE, N. A., and JENNINGS J. S. Effects of roughage inclusion and particle size on performance and rumination behavior of finishing beef steers. **Journal of animal science**, v. 94, n. 11, p. 4759-4770, 2016.

- GODOI L. A. **Avaliação nutricional em bovinos Nelore alimentados com dietas contendo alta concentração de amido**. 2017. 85 p. Dissertação (Mestrado em Nutrição e Alimentação de ruminantes) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa 2017.
- GOROCICA-BUENFIL, M. A., and LOERCH, S. C. Effect of cattle age, forage level, and corn processing on diet digestibility and feedlot performance. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 83, p. 705-714, 2005.
- GOULART, R. S. **Avaliação da fibra fisicamente efetiva em rações para bovinos de corte**. 2010. 201 p. Tese (Doutorado em Ciência Animal e Pastagens) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2010.
- GRANT, R. J., and MERTENS, D. R. Influence of butter pH and raw corn starch addition on in vitro fiber digestion kinetics. **Journal of Dairy Science**, 75:2762-2768, 1992.
- HALES, K. E., BROWN-BRANDL, T. M., and FREETLY, H. C. Effects of decreased dietary roughage concentration on energy metabolism and nutrient balance in finishing beef cattle. **Journal of animal science**, v. 92, n. 1, p. 264-271, 2014.
- HALL, M. B., NENNICH, T. D., DOANE, P. H., and BRINK G. E. "Total volatile fatty acid concentrations are unreliable estimators of treatment effects on ruminal fermentation in vivo." **Journal of dairy science** 98.6: 3988-3999. 2015.
- HOOVER, W. H. Chemical factors involved in ruminal fiber digestion. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 69, p. 2755-2766, 1986.
- HUHTANEN, P., AHVENJARVI, S., WEISBJERG, M. R. and NORGAARD P. Digestion and passage of fiber in ruminants. In: SERJSEM, K.; HVELPLUND, T.; NIELSEN, M. O. **Ruminant physiology**. p 87-138. 2006.
- HUHTANEN, P., BROTZ, P. G., and 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.
- HUHTANEN, P., and JAAKKOLA, S. The effects of forage preservation method and proportion of concentrate on digestion of cell wall carbohydrates and rumen digesta pool size in cattle. **Grass and Forage Science**, v. 48, n. 2, p. 155-165, 1993.
- HUMER, E., PETRI, R. M., ASCHENBACH, J. R., BRADFORD, B. J., PENNER, G. B., TAJAJ, M., K.-H. SÜDEKUM and ZEBELI, Q. Invited review: Practical feeding management recommendations to mitigate the risk of

- subacute ruminal acidosis in dairy cattle. *Journal of dairy science*, 101(2), 872-888. 2017.
- HUNGAT, R. E. The rumen and its microbes. **Academic Press**, New York. 533pp. 1996.
- IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Pesquisa Trimestral do Abate de Animais. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1092#resultado>>. Acesso em: Junho 2017.
- IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Sala de Imprensa. Disponível em:<http://saladeimprensa.ibge.gov.br/noticias.html?view=noticia&id=1&idnoticia=3268&busca=1&t=ppm-rebanho-bovino-alcanca-marca-recorde-215-2-milhoes-cabecas-producao-leite>>. Acesso em: Junho 2017.
- ÍTALO, L. C. V., VALADARES FILHO, S. D. C., SILVA, F. F. D., VALADARES, R. F. D., CECON, P. R., ÍTAVO, C. C. B. F., MORAES, E. H. B. K., e PAULINO, P. V. R. Níveis de concentrado e proteína bruta na dieta de bovinos Nelore nas fases de recria e terminação: consumo e digestibilidade. **R. Bras. Zootec.**, v.31, n.2, p.1033-1041, 2002.
- KONONOFF, P. J., HEINRICHS, A. J., and BUCKMASTER, D. R. Modification of the Penn State forage and total mixed ration particle separator and the effects of moisture content on its measurements. **Journal of Dairy Science**, v. 86, n. 5, p. 1858-1863, 2003.
- KRIZSAN, S. J., AHVENJÄRVI, S., VOLDEN, H., and 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.
- MACDONALD, C.; JENKINS, K. H.; MCCOLLUM, F. T.; COLE, N. A. **Effects of level of alfalfa hay in steam-flaked corn based diets containing 25% sorghum wet distiller's grains**. Disponível em: <<http://amarillo.tamu.edu/files/2011/01/Effects-of-Level-of-Alfalfa-Hay.pdf>>. Acesso em: jan. 2017.
- MACHADO, P. A. S., VALADARES FILHO, S. C., DETMANN, E., SANTOS, S. A., VALADARES, R. F. D., DUCATTI, C., ROTTA, P. P., and COSTA E SILVA, L. F. Development of equations to estimate microbial contamination in ruminal incubation residues of forage produced under tropical conditions using n as a label. **Journal of Animal Science**, 91: 3836-3846, 2013.

- MAEDA, E. M., ZEOULA, L. M., GERON, L. J. V., DE BEST, J., DO PRADO, I. N., MARTINS, E. N., e KAZAMA, R. Digestibilidade e características ruminais de dietas com diferentes níveis de concentrado para bubalinos e bovinos. **R. Bras. Zootec**, v. 36, n. 3, p. 716-726, 2007.
- MANDARINO, R. A., BARBOSA, F. A., CABRAL FILHO, S. L. S., LOBO, C. F., SILVA, I. S., OLIVEIRA, R. V., DIOGO, J. M. S., e GUIMARÃES JÚNIOR, R. Desempenho produtivo e econômico do confinamento de bovinos zebuínos alimentados com três dietas de alto concentrado. **Arq. bras. med. vet. zootec**, p. 1463-1471, 2013.
- MARIZ, L. D. S. **Digestibilidade intestinal dos aminoácidos e utilização de 15N e bases purinas para quantificação de síntese de proteína microbiana em zebuínos puros e cruzados alimentados com diferentes níveis dietéticos de proteína bruta**. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, 83p, 2016.
- MARQUES, R. S. **Efeitos da variação dos níveis de forragem em dietas contendo grãos de milho inteiro e os benefícios da floclulação na terminação de tourinhos Nelore**. 2011. 72 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2011.
- MARTINS, C. G. **Níveis de inclusão de bagaço de cana-de-açúcar *in natura* associados a milho grão inteiro ou floclado em dietas de terminação de bovinos Nelore**. Dissertação apresentada para obtenção do título de mestre em ciências. Escola Superior de Agricultura Luiz Queiroz. Piracicaba, 2013.
- MCDONALD, C., JENKINS, K. H., MCCOLLUM, F. T., and COLE, N. A. **Effects of level of alfalfa hay in steam-flaked corn based diets containing 25% sorghum wet distiller’s grains**. Disponível em: <<http://amarillo.tamu.edu/files/2011/01/Effects-of-Level-of-Alfalfa-Hay.pdf>>. Acesso em: janeiro de 2017.
- MELO A. H. F. **Processamento de grãos de milho e concentrações de fibra insolúvel em detergente neutro (FDN) do bagaço de cana *in natura* em dietas para bovinos em terminação**. Diss. Universidade de São Paulo, 2015.
- MERTENS, D. R. Análise da fibra e sua utilização na avaliação de alimentos e formulação de rações. In: **SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE RUMINANTES**, 29., 1992, Lavras. Anais... Lavras: SBZ; ESAL. p. 188-217. 1992.
- MERTENS, D. R. Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows. **Journal of dairy science**, v. 80, n. 7, p. 1463-1481, 1997.

- MERTENS, D. R. Effect of physical characteristics, forage particle size and density on forage utilization. Pp. 91-106 in **Proceedings from the AFIA Nutrition Symposium**, St. Louis, MO. Arlington, VA: American Feed Industry Association. November 12-13, 1986.
- MOONEY, C. S., and ALLEN, M. S. Physical effectiveness of the neutral detergent fiber of whole cottonseed relative to that of alfalfa silage at two lengths of cut. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 80, p. 2052-2061, 1997.
- NAGARAJA, T. G. and LECHTENBERG, K. F. Acidosis in feedlot cattle. **Veterinary Clinics of Food Animals Practice**, Philadelphia, v. 23, p. 333-350, 2007.
- NRC (2016). Nutrient Requirements of Beef Cattle. 8th edn. Washington, DC, USA: The National Academy Press. OWENS, F. N., SECRIST, D. S., HILL, W. J., & GILL, D. R. Acidosis in cattle: a review. *Journal of animal science*. 76(1), 275-286. 1998
- OLSON, K. C., COCHRAN, R. C., JONES, T. J., VANZANT, E. S., TITGEMEYER, E. C., and JOHNSON, D. E. Effects of ruminal administration of supplemental degradable intake protein and starch on utilization of low-quality warm-season grass hay by beef steers. **Journal of Animal Science**, v.77, p.1016-1025, 1999.
- OWENS, F. N., SECRIST, D. S., HILL, W. J., and GILL, D. R. Acidosis in cattle: a review. **J. Anim. Sci.** 76:275–286. 1998.
- OWENS, F. N., SECRIST, D. S., HILL, W. J. and GILL, D. R. The effect of grain source and grain processing on performance of feedlot cattle: a review. **Journal Animal Science**, Albany, v. 75, p. 868-879, 1997.
- OWENS, F. N., and SODERLUND, S. Ruminal and postruminal starch digestion by cattle. In: **PIONEER HI-BRED, A DUPONT BUSINESS CONFERENCE**, 2007, Johnston. Proceedings... Johnston. p. 116-128. 2007.
- PENNER, G. B., J. R. ASCHENBACH, G. GABEL, R. RACKWITZ, and M. OBA. Epithelial capacity for apical uptake of short chain fatty acids is a key determinant for intraruminal pH and the susceptibility to sub-acute ruminal acidosis in sheep. **J. Nutr.** 139:1714-1720. 2009.
- PHILIPPEAU, C., and MICHALET-DOREAU, B. Influence of genotype and stage of maturity of maize on rate of ruminal starch degradation. **Animal Feed Science and Technology**, 68:25-35, 1997.
- PINTO, A. C. J. e MILLEN, D. D. Situação atual da engorda de bovinos em confinamento e modelos nutricionais em uso. Anais do 10º SIMCORTE. **Simpósio de Produção de Gado de Corte**. p.102-120. UFV 2016.

- PITT, R. E.; VAN KESSEL, J. S., FOX, D. G., PELL, A. N., BARRY, M. C., and VAN SOEST, P. J. Prediction of ruminal volatile fatty acids and pH within the net carbohydrate and protein system. **Journal of animal science**, v. 74, n. 1, p. 226-244, 1996.
- PRITCHARD, R. H. Processing effects on management: type, form, and level of roughage. In: **CATTLE GRAIN PROCESSING SYMPOSIUM**, 2006, Tulsa. Proceedings... Tulsa: Oklahoma State University. p. 150-154. 2006.
- REYNAL, S. M., BRODERICK, G. A., and 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.
- RODE, M. L., WEAKLEY, D. C., and SATTER, L. D. Effects of forage amount and particle size in diets of lactating dairy cows on site of digestion and microbial protein synthesis. **Can. J. Anim. Sci.**, 65(1):101-111. 1985.
- ROTTA, P. P., S. C. VALADARES FILHO, E. DETMANN, L. F. COSTA E SILVA, M. F. PAULINO, M. I. MARCONDES, A. A. G. LOBO, and F. A. C. VILLADIEGO. Digesta sampling sites and marker methods for estimation of ruminal outflow in bulls fed different proportions of corn silage or sugarcane1. **J. Anim. Sci.** 92:2996-3006. doi:10.2527/jas.2013-7364. 2014.
- RUSSELL, J. B., and DOMBROWSKI, D. B. Effect of pH on the efficiency of growth by pure cultures of rumen bacteria in continuous culture. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 39, n. 3, p. 604-610, 1980.
- RUSSELL, J. B., O'CONNOR, J. D., FOX, D. G., VAN SOEST, P. J., and SNIFFEN, C. J. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: I. Ruminal fermentation. **Journal of Animal Science**, 70:3551-3561, 1992.
- SANTOS, S. A.; ROTTA, P. P.; COSTA E SILVA, L. F.; MENEZES, A. C. B.; PINA, D. S., e VALADARES FILHO, S. C. Degradação ruminal da proteína dos alimentos e síntese de proteína microbiana. In: Sistema de exigências de bovinos puros e cruzados BR-CORTE 2016. p. 45 – 88. 2016.
- SCHWAIGER, T., K. A. BEAUCHEMIN, and G. B. PENNER. Duration of time that beef cattle are fed a high-grain diet affects the recovery from a bout of ruminal acidosis: Short-chain fatty acid and lactate absorption, saliva production, and blood metabolites. **J. Anim. Sci.** 91:5743-5753. 2013.
- SIEGFRIED, B. R., RUCKEMANN, H., and STUMPF, G. Method for the determination of organic acids in silage by high performance liquid chromatography. **Landwirtsch. Forsch** 37, 298. 1984.
- SIGNORETTI, R. D., SILVA, J. F. C., VALADARES FILHO, S. C., PEREIRA, J. C., CECON, P. R., QUEIROZ, A. C., ARAUJO, G. G. L., and ASSIS, G. M. L. Consumo e digestibilidade aparente em bezerros da raça Holandesa

- alimentados com dietas contendo diferentes níveis de volumoso. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 28, n. 1, p. 169-177, 1999.
- STEELE, M. A., CROOM, J. C., KAHLER, M., ALZAHAL, O., HOOK, S. E., PLAIZIER, K., and MCBRIDE, B. W. Bovine rumen epithelium undergoes rapid structural adaptations during grain-induced subacute ruminal acidosis. **Am. J. Physiol. Regul. Integr. Comp. Physiol.** 300:R1515-1523. 2011.
- STROBEL, H. J., and RUSSELL, J. B. Effect of pH and energy spilling on bacterial protein synthesis by carbohydrate-limited cultures of mixed rumen bacteria. **Journal of Dairy Science**, 69:2941-2947, 1986.
- SUTTON, J. D. Digestion and end production formation in the rumen from production rations. In: RUCKEBUSCH, Y., THIVEND, P. **Digestive physiology and metabolism in ruminants**. MTP Press. p.271-90. 1980.
- TAFAJ, M., JUNCK, B., MAULBETSCH, A., STEINGASS, H., PIEPHO, H.-P., and DROCHNER, W. Digesta characteristics of dorsal, middle and ventral rumen of cows fed with different hay qualities and concentrates levels. **Arch. Anim. Nutr.** 58:325-342. 2004.
- TRAXLER, M. J., FOX, D. G., PERRY, T. C., DICKERSON, R. L., and WILLIAMS, D. L. Influence of roughage and grain processing in high-concentrate diets on the performance of long-fed Holstein steers. **Journal Animal Science**, Albany, v. 73, p. 1888-1900, 1995.
- USHIDA, K., LASSALAS, Bernadette, and JOUANY, J. P. Determination of assay parameters for RNA analysis in bacterial and duodenal samples by spectrophotometry. Influence of sample treatment and preservation. **Reproduction Nutrition Développement**, v. 25, n. 6, p. 1037-1046, 1985.
- VALADARES FILHO, S. C., COSTA E SILVA, L. F., GIONBELLI, M. P., ROTTA, P. P., MARCONDES, M. I., CHIZZOTTI, M. L., PRADOS, L. F. Br-Corte 3.0. *Cálculo de exigências nutricionais, formulação de dietas e predição de desempenho de zebuínos puros e cruzados*. Supreme Gráfica e Editora. Brasil. 2016.
- VALADARES FILHO, S. C., e PINA, D. S. Fermentação ruminal. In: **Nutrição de Ruminantes**. In: Telma Terezinha Berchielli; Alexandre Vaz Pires; Simone Gisele de Oliveira. p 167-182. Editora Filiada. Jaboticabal: Funep, 2006.
- VALADARES FILHO, S. C., ROTTA, P. P., e 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.
- VAN SOEST, P. J. Nutritional ecology of the ruminant. 2nd ed. Ithaca: **Cornell University Press**, 476 p. 1994.

- VAN SOEST, P. J. and; WINE, R. H. Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. IV. Determination of plant cell-wall constituents. **Journal of the association of official analytical chemists**, v. 50, n. 1, p. 50-55, 1967.
- WEISS, C. P., GENTRY, W. W., MEREDITH, C. M., MEYER, B. E., COLE, N. A., TEDESCHI, L. O., McCOLLUM, F. T., and JENNINGS, J. S. Effects of roughage inclusion and particle size on digestion and ruminal fermentation characteristics of beef steers. **Journal of Animal Science**, v. 95, n. 4, p. 1707-1714, 2017.
- YANG, W. Z., BEAUCHEMIN, K., and RODE, L. Effects of particle size of alfalfa-based dairy cow diets on site and extent of digestion. **J. Dairy Sci.** 85:1958-1968. 2002.
- ZEBELI, Q., ASCHENBACH, J. R., TAJAJ, M., BOGHUN, J., AMETAJ, B. N., and DROCHNER, W. Invited review: Role of physically effective fiber and estimation of dietary fiber adequacy in high-producing dairy cattle. **J. Dairy Sci.** 95:1041-1056. 2012.
- ZINN, R. A. Influence of flake density on the comparative feeding value of steam-flaked corn for feedlot cattle. **Journal of animal science**, 68:767-775, 1990.
- ZINN, R. A., and OWENS, F. N. Rapid procedure for quantifying nucleic acid content of digesta, 26-30. **In Protein requirements for cattle**. Protein Sympos. Oklahoma State Univ. 1980.
- ZINN, R. A., PLASCENCIA, A., and BARAJAS, R. Interaction of forage level and monensin in diets for feedlot cattle on growth performance and digestive function. **Journal of Animal Science**, v. 72, n. 9, p. 2209-2215, 1994.