**Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

**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**

Antônio Humberto Fleury de Melo

Tese apresentada para obtenção do título de Doutor
em Ciências. Área de concentração: Ciência Animal
e Pastagens

**Piracicaba
2015**

Antônio Humberto Fleury de Melo
Zootecnista

**Processamento de grãos de milho e concentrações de fibra em detergente
neutro (FDN) do bagaço de cana *in natura* em dietas para bovinos em
terminação**

versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011

Orientador:
Prof. Dr. **FLÁVIO AUGUSTO PORTELA SANTOS**

Tese apresentada para obtenção do título de Doutor
em Ciências. Área de concentração: Ciência Animal
e Pastagens

Piracicaba
2015

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA - DIBD/ESALQ/USP**

Melo, Antônio Humberto Fleury de

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 / Antônio Humberto Fleury de Melo. - - versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011. - - Piracicaba, 2015.

157 p. : il.

Tese (Doutorado) - - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz".

1. Confinamento 2. Milho floculado 3. Parâmetros ruminais I. Título

CDD 636.2084
M528p

"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor"

Dedico

*Ao meu amado pai, **Antônio de Oliveira Melo (Lucas)**, que não está mais entre nós, mas que mora no meu coração e nos meus pensamentos, que sempre foi meu grande amigo, incentivador dos estudos, meu herói e grande exemplo de homem e de pai.*

*À minha querida mãe, **Iva Fleury**, meu exemplo de vida, de perseverança, determinação e coragem, de caráter inigualável, responsável por tudo que sou, sempre me dando grandes ensinamentos.*

*À minha querida filha **Kamilla**, que amo de todo coração, que me orgulha pela sua generosidade, sabedoria e dedicação à família, além do carinho que me conforta.*

*Ao meu amado filho **Lucas**, que sempre esteve do meu lado nas fases boas e ruins, me proporcionando só alegrias e orgulho, me inspirando, na busca de ser cada vez melhor.*

*À minha querida filha **Maria Eloá**, amor da minha vida, que me proporciona muita paz, alegria e força para enfrentar as dificuldades da vida e seguir em frente.*

Ofereço

*À minha adorada filha **Maria Eloá**, pelo carinho, cuidado, generosidade e pelo afeto que ela tem para comigo, mas sobretudo, por ser minha principal fonte de inspiração.*

AGRADEÇO,

A Deus acima de tudo, por me dar saúde e força para seguir em frente.

Ao Professor Flávio Augusto Portela Santos pela dedicação em minha orientação, paciência, compreensão, sabedoria e principalmente pelos ensinamentos que contribuíram para meu amadurecimento profissional e que certamente levarei para toda minha vida.

À Escola Superior “Luiz de Queiroz”-USP pela oportunidade de realização do curso de doutorado.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), pela concessão da bolsa de estudos e auxílio a pesquisa.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa temporária.

À A.C. Agro Mercantil Ltda. pela assistência e presteza quando do fornecimento do milho floculado.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal e Pastagens da ESALQ/USP, Carla Maris Machado Bittar, Ivanete Susin, Alexandre Vaz Pires, Luiz Gustavo Nussio, Roberto Sartori Filho, José Eurico Possebon Cyrino, Sila Carneiro da Silva, Carlos Guilherme Silveira Pedreira, José Fernando Machado Menten, Gerson Barreto Mourão e Paulo Fernando Machado que de uma forma ou de outra, deram suas contribuições para que este projeto fosse concluído.

Ao professor da Universidade Federal de Goiás, Juliano José de Resende Fernandes, pela colaboração, apoio, incentivo e confiança.

Ao professor da Universidade Estadual Paulista (Campus Dracena), Danilo Domingues Millen pelo total apoio e fundamental contribuição no trabalho.

Ao professor Alexandre Mendonça Pedroso, pela colaboração.

Às alunas da Universidade Estadual Paulista (Campus Dracena), Tassia e Carol pela imprescindível ajuda nas análises de rúmen.

Aos colegas do grupo Nutribov, Camila, Paola, Carol, Cris, Fernanda Batistel, Fernanda Lopes, Erika, Jonas, Lucas (Paraíba), João Dórea (Baiano), Murilo (Lilão), Murillo (Titaniq), Luiz Roberto (Conçolo) e Diogo (K-bomba).

Aos colegas de Pós-graduação Marcos Ferras e Vinicius pela ajuda em laboratório e na discussão de dados, respectivamente.

Aos estagiários, Carol (por'k'da), Naiana, Adrielle, João Meneghel (100 Kina), Murilo (D-UCJA) e Paulinho Monteiro pela ajuda durante a condução dos experimentos de campo.

Às funcionárias do departamento de Zootecnia, Sandra, Claudinha, Ana, Vera e Daiane pela solidariedade e disposição.

Os funcionários Lauriano, Pomba, Rogério, Cesar, Edson, Juscelino e Emerson.

Aos membros da banca examinadora pela atenção e dedicação no exame dessa tese.

Ao Julio Romano, pelo apoio no frigorifico durante os abetes dos bois

À Eliana, pela imprescindível ajuda na formatação desta.

À Debora de Carvalho Basto, pelo apoio e companheirismo durante o tempo do curso.

À minha irmã Valéria e a meu cunhado Fernando pelo apoio.

Ao meu pai pelos ensinamentos que carrego pra vida toda

À minha mãe pela compreensão e apoio.

Aos meus filhos por me darem força e coragem para seguir em frente.

Meu Muito Obrigado!

*“Nunca é cedo demais ou tarde demais para ser quem você quiser ser,
Não há limites de tempo,
Comece quando você quiser,
Você pode mudar ou ficar como está,
Não há regras pra esse tipo de coisa,
Podemos encarar a vida de forma negativa ou positiva,
Espero que encare de forma positiva,
Espero que veja coisas que surpreendam você,
Espero que sinta coisas que nunca sentiu antes,
Espero que conheça pessoas com pontos de vista diferentes,
Espero que tenha uma vida da qual você se orgulhe,
E se você descobrir que não tem,
Espero que tenha forças para conseguir começar novamente.”*

Passagem do filme “O curioso caso de Benjamin Button”

SUMÁRIO

RESUMO.....	11
ABSTRACT.....	13
LISTA DE FIGURAS.....	15
LISTA DE TABELAS.....	17
1 INTRODUÇÃO.....	21
Referências.....	24
2 DESENVOLVIMENTO.....	27
2.1 Revisão Bibliográfica.....	27
2.1.1 Digestibilidade do amido e suas implicações no desempenho animal.....	27
2.1.2 Efeitos da fibra e suas implicações em dietas de confinamento confinamento.....	36
Referências.....	52
3 MÉTODOS DE PROCESSAMENTO DE MILHO <i>FLINT</i> E CONCENTRAÇÕES DE FIBRA INSOLÚVEL EM DETERGENTE NEUTRO (FDN) DO BAGAÇO DE CANA NA DIETA DE BOVINOS EM TERMINAÇÃO:	
1. DESEMPENHO, CARACTERÍSTICAS DE CARCAÇA E SAÚDE RUMINAL.....	63
Resumo.....	63
Abstract.....	64
3.1 Introdução.....	64
3.2 Material e Métodos.....	66
3.3 Resultados e Discussão.....	77
3.4 Conclusões.....	100
Referências.....	100
4 MÉTODOS DE PROCESSAMENTO DE MILHO <i>FLINT</i> E CONCENTRAÇÕES DE FIBRA INSOLÚVEL EM DETERGENTE NEUTRO (FDN) DO BAGAÇO DE CANA NA DIETA DE BOVINOS EM TERMINAÇÃO:	
2. DIGESTIBILIDADE NOS NUTRIENTES, PARAMETROS RUMINAIS E SANGUÍNEOS E DEGRADABILIDADE <i>IN VITRO</i>	109
Resumo.....	109

Abstract.....	110
4.1 Introdução.....	110
4.2 Material e Métodos.....	112
4.3 Resultados e Discussão.....	123
4.4 Conclusões.....	148
Referências.....	148
5 CONCLUSÕES GERAIS.....	157

RESUMO

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

A finalidade deste estudo foi avaliar o uso de rações contendo grão de milho *flint* processado através da moagem ou floculação combinados com dietas contendo 4; 7; 10 ou 13% de FDN do bagaço de cana *in natura* (BIN) (% da MS) e suas interações. Foram conduzidos 2 experimentos. No experimento 1: Os 240 tourinhos Nelore (PC=350±37,36 kg) foram alocados aleatoriamente em 32 baias em um arranjo fatorial 2 x 4. Os animais foram blocados com base no PC inicial. Os dados foram analisados pelo PROC MIXED do SAS. Não houve interação entre as concentrações de FDN de volumoso (FDNv) e métodos de processamento sobre o desempenho, características de carcaça, medidas morfométricas de papilas, energia das dietas, amido e comportamento ingestivo. A moagem do milho proporcionou maior ingestão de matéria seca (IMS), amido fecal, número de papilas, área de superfície absorptiva do rúmen e representatividade das papilas na superfície absorptiva e menor ingestão de energia, peso final, ganho de peso diário, pior eficiência alimentar, menor peso de carcaça, tempo de ruminação, energia nas dietas, digestibilidade do amido no trato total, energia do milho que a floculação. O aumento na concentração de FDNv nas dietas causaram efeito quadrático para IMS, redução linear no rendimento de carcaça, na energia das dietas e aumento linear no tempo de ruminação e mastigação. Houve interação entre as concentrações de FDNv e métodos de processamento para a medida de largura de papilas. Os resultados indicam que a floculação foi superior à moagem do milho para otimizar o desempenho dos tourinhos Nelore. No experimento 2: Foram utilizados 16 touros da raça Nelore (PC 443,52±24,80kg) canulados no rúmen, alocados aleatoriamente em 16 baias por dois períodos, em arranjo fatorial 2 x 4. Os dados foram analisados pelo PROC MIXED do SAS. Não houve interações entre processamento e concentrações dietéticas de FDNv. A floculação aumentou na digestibilidade da MS, dos carboidratos totais (CHOT), dos carboidratos não fibrosos (CNF), do amido, no %NDT nas dietas, na concentração de propionato no rúmen e na eficiência microbiana e gerou maior volume final da degradação de CNF, taxa de degradação de CNF e redução no N-NH₃ no rúmen, na ingestão de N, N ureico no plasma, N urina, na excreção de N total e no *lag time*. O aumento do teor de volumoso nas dietas causou resposta quadrática para IMS e na ingestão e absorção de N e redução linear na digestibilidade da MS, dos CHOT, na proporção de propionato e concentração de AGV total e aumentos lineares no tempo de ruminação e mastigação. Em conclusão a floculação foi superior à moagem em melhorar a digestibilidade da MS, em aumentar a energia do milho e das dietas e em melhorar o metabolismo de N. Aumentos nos teores de FDNv estimulam a ruminação, mas diminui a eficiência da produção de energia no rúmen.

Palavras-chave: Confinamento; Milho floculado; Parâmetros rumin

ABSTRACT

Corn processing methods and dietary concentrations of insoluble neutral detergent fiber (NDF) from sugarcane bagasse in diets for finishing cattle

The purpose of this study was to evaluate the use of feed containing flint corn grain processed by ground or steam-flaked combined with diets containing 4; 7; 10 or 13% roughage NDF (DM basis) using sugarcane bagasse as source of fiber and their interactions. Two experiments were conducted. In experiment 1: 240 Nellore bulls (BW=350±37,36 kg) were randomly divided into 32 pens in a factorial 2 × 4 arrangement of. The animals were blocked based on their initial BW. The data were analyzed using PROC MIXED of SAS. There was no interaction between the concentrations of sugarcane bagasse NDF and processing methods on performance, carcass characteristics, morphometric measures of papillae, energy diets, starch and feeding behavior. Ground corn provided higher dry matter intake (DMI), fecal starch, number of papillae, rumen absorptive surface area of the papillae and representativeness of the absorptive surface and lower energy intake, body weight, daily weight gain, worse feed efficiency, lower carcass weight, rumination time, energy in the diet, total-tract starch digestibility energy corn than steam-flaked. The increase in the concentration of NDF of BIN in the diets caused a quadratic effect for IMS, linear reduction in carcass yield, energy diets and linear increase in rumination and chewing. There was interaction between NDF concentrations and processing methods for papillae width measurements. The results indicate that the steam-flaked was higher than ground corn to optimize the performance of Nellore bulls. In experiment 2: sixteen Nellore bulls (BW=443,52±24,80 kg) fitted with rumen cannula, randomly allocated to 16 pens for two periods in a 2 x 4 factorial arrangement. The data were analyzed using PROC MIXED of SAS. There were no interactions between corn processing and dietary concentrations of sugarcane bagasse NDF. Steam-flaking increased in DM digestibility, total carbohydrates (TCHO), non-fiber carbohydrates (NFC), of starch, dietary TDN concentration, of rumen propionate concentration and microbial efficiency and provided higher final volume of degradation CNF, CNF degradation rate and decreased rumen N-NH₃ concentration, N intake, N urea in plasma (PUN), N urine, total N excretion and *lag time*. Increasing dietary sugarcane bagasse NDF caused a quadratic response for DMI, N intake and N absorption and linear decrease in total tract apparent digestibility of DM and of TCHO, concentration of propionate and total VFA and linear increases in rumination and chewing. In conclusion, steam-flaking was greater than the ground corn to improve the digestibility of DM, to increase energy value of flint corn and feeding and improve N metabolism. Increasing dietary sugarcane bagasse NDF stimulate rumination, but decreases the efficiency of production energy in the rumen.

Keywords: Feedlot; Ruminal parameters; Steam-flaked corn

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 1

- Figura 1 - Aspecto do rúmen com incidência de lesões (rumenites e paraqueratose).....74
- Figura 2 - Imagem digitalizada da base do epitélio ruminal e das papilas por meio do programa de análise de imagens UTHSCSA Image Tool.....75
- Figura 3 - Cortes histológicos longitudinais de mucosa ruminal da região do recesso do saco ventral do rúmen. (A) Exemplificando a metodologia utilizada para aferição da área papilar; (B) Exemplificando a metodologia utilizada para aferição da largura papilar; (C) Exemplificando a metodologia utilizada para aferição da altura papilar; (D) Exemplificando a metodologia utilizada para aferição da espessura do epitélio queratinizado. Método HE. 5x.....76
- Figura 4 - (A) Efeito das concentrações de FDN do bagaço de cana *in natura* (BIN) sobre a ingestão de matéria seca (IMS) (kg/dia) de touros nelore recebendo dietas ricas em milho; (B) Efeito das concentrações de FDN do BIN sobre a IMS (% do peso corporal) de touros nelore recebendo dietas ricas em milho.....82
- Figura 5 - Efeito das concentrações do Bagaço de cana *in natura* (BIN) sobre a ingestão de amido por tourinhos Nelore terminados em confinamento alimentados com rações contendo milho moído grosso ou floculado.....91
- Figura 6 - Interação entre as concentrações de FDN do bagaço de cana e o processamento do milho (moído ou floculado) sobre as medidas histológicas da largura das papilas ruminais.....99

CAPÍTULO 2

- Figura 1 - (A) Efeito das concentrações do FDN do Bagaço de cana *in natura* (BIN) (4; 7; 10 ou 13%) sobre a ingestão de matéria seca (IMS), (B) Efeito das concentrações do BIN sobre a ingestão de nutrientes digestíveis totais (NDT) de touros Nelore terminados em confinamento alimentados com rações contendo milho moído grosso ou floculado.....129

Figura 2 - Efeito das concentrações do Bagaço de cana <i>in natura</i> (BIN) (4; 7; 10 ou 13%) sobre a ingestão de amido por tourinhos Nelore terminados em confinamento alimentados com rações contendo milho moído grosso ou floculado.....	134
Figura 3 - Variação ao longo do dia do pH ruminal em função das dietas experimentais.....	141
Figura 4 - (A) Efeito das concentrações do FDN do Bagaço de cana <i>in natura</i> (BIN) (4; 7; 10 ou 13%) em dietas com alta proporção de milho moído ou floculado sobre ingestão de nitrogênio; (B) Efeito das concentrações do FDN do BIN (4; 7; 10 ou 13%) em dietas com alta proporção de milho moído ou floculado sobre o nitrogênio absorvido.....	145

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 1

Tabela 1 - Ingredientes e composição química das dietas experimentais.....	68
Tabela 2 - Vitreosidade, tamanho médio e distribuição do tamanho de partículas dos milhos moído e floculado.....	69
Tabela 3 - Tamanho médio e distribuição do tamanho de partículas do bagaço de cana <i>in natura</i> (BIN) nos meses de outubro de 2012 a fevereiro de 2013.....	70
Tabela 4 - Composição química dos ingredientes das dietas experimentais.....	78
Tabela 5 - Ingestão de matéria seca (IMS) e de desempenho de tourinhos Nelore terminados em confinamento alimentados com rações contendo milho moído grosso ou floculado e submetidos a diferentes concentrações da fibra em detergente neutro (FDN) de bagaço de cana <i>in natura</i> (BIN).....	80
Tabela 6 - Característica da carcaça de tourinhos Nelore terminados em confinamento alimentados com rações contendo milho moído grosso ou floculado e submetidos às diferentes concentrações de FDN de bagaço de cana <i>in</i> <i>natura</i> (BIN).....	85
Tabela 7 - Valores observados de E _{Lm} e E _{Lg} e da relação entre a E _{Lm} observada/esperada e E _{Lg} observada/esperada das dietas experimentais e ingestão de E _{Lm} e E _{Lg} de tourinhos Nelore terminados em confinamento alimentados com rações contendo milho moído grosso ou floculado e submetidos a diferentes concentrações da fibra em detergente neutro (FDN) do bagaço de cana <i>in natura</i> (BIN)	88
Tabela 8 - Energia líquida para manutenção do milho (E _{Lm} Milho) e energia líquida para ganho do milho (E _{Lg} Milho) das rações e ingestão de amido (IA), amido fecal (AF) e digestibilidade do amido no trato total (DAT) de tourinhos Neloires terminados em confinamento alimentados com rações contendo milho moído ou floculado e diferentes concentrações de bagaço de cana <i>in natura</i> (BIN).....	90
Tabela 9 - Tabela 6 - Tempos (minutos/dia) despendidos nas atividades de ingestão, ruminação, ócio e mastigação total de tourinhos Nelore terminados em confinamento alimentados com rações contendo milho moído grosso ou	

floculado e submetidos às diferentes concentrações da fibra em detergente neutro (FDN) do bagaço de cana <i>in natura</i> (BIN).....	93
Tabela 10 - Medidas morfométricas das papilas ruminais de tourinhos Nelore terminados em confinamento alimentados com rações contendo milho moído ou floculado e submetidos a diferentes concentrações de FDN de Bagaço de cana <i>in natura</i> (BIN).....	96
Tabela 11 - Medidas histológicas relacionadas à altura, largura, área e espessura da faixa de queratina (EFQ) das papilas ruminais de tourinhos Nelore terminados em confinamento alimentados com rações contendo milho moído ou floculado e submetidos a diferentes concentrações de FDN de Bagaço de cana <i>in natura</i> (BIN).....	98

CAPÍTULO 2

Tabela 1 - Ingredientes e composição química das dietas experimentais.....	113
Tabela 2 - Vitreosidade, tamanho médio e distribuição do tamanho de partículas dos milhos moído e floculado.....	114
Tabela 3 - Tamanho médio e distribuição do tamanho de partículas do bagaço de cana <i>in natura</i> (BIN) nos meses de setembro a novembro de 2013.....	115
Tabela 4 - Composição química dos ingredientes das dietas experimentais.....	124
Tabela 5 - Ingestão de matéria seca (IMS), ingestão de nutrientes digestíveis totais (IngNDT), excreção fecal de touros Nelore e NDT (% da MS), digestibilidade aparente da MS (DAMS), digestibilidade aparente da FDN (DAFDN), digestibilidade aparente dos CNF (DACNF), digestibilidade aparente dos CHOT (DACHOT), digestibilidade aparente da PB (DAPB) e digestibilidade aparente do EE (DAEE) de rações contendo milho floculado ou moído e diferentes concentrações de FDN de bagaço de cana <i>in natura</i> (BIN).....	127
Tabela 6 - Energia líquida para manutenção do milho (ELmMilho) e energia líquida para ganho do milho (ELgMilho) das rações e ingestão de amido (IA), amido fecal (AF) e digestibilidade do amido no trato total (DAT) de tourinhos Neloires terminados em confinamento alimentados com rações contendo milho moído ou floculado e diferentes concentrações de bagaço de cana <i>in natura</i> (BIN).....	132

- Tabela 7 - Efeito do processamento (moagem ou floculação do milho) combinados com teores de FDN do bagaço de cana (BIN) (4; 7; 10 ou 13% da MS total) sobre o *lag time* e volume final da produção de gases dos carboidratos fibrosos e não fibrosos e suas respectivas taxas de degradação.....135
- Tabela 8 - pH ruminal, ácidos graxos voláteis (AGV) (proporção molar), AGV totais (mmol/mL), relação entre a proporção molar dos ácidos acético e propiônico e nitrogênio amoniacal (mg/dL) de tourinhos Nelore alimentados com rações contendo alto teor de milho moído grosso ou floculado e submetidos a diferentes concentrações de FDN de bagaço de cana *in natura* (BIN).....138
- Tabela 9 - Balanço de nitrogênio (N), produção de proteína bruta microbiana (PBmic), Eficiência de síntese de proteína microbiana (Efic. mic.), nitrogênio-ureico plasmático (NUP) e glicose plasmática de touros Nelore alimentados com rações contendo milho moído grosso ou floculado e submetidos a diferentes concentrações de FDN de Bagaço de cana *in natura* (BIN).....143
- Tabela 10 - Tempos (minutos/dia) das atividades de ingestão, ruminação, ócio e mastigação total de tourinhos Nelore terminados em confinamento alimentados com rações contendo milho moído grosso ou floculado e submetidos a diferentes concentrações da fibra em detergente neutro (FDN) do bagaço de cana *in natura* (BIN).....147

1 INTRODUÇÃO

Na última década, o número de animais terminados em confinamento no Brasil saltou de 1,9 milhões de cabeças em 2002 (INFORMA ECONOMICS FNP, 2012) para 4,66 milhões de cabeças em 2014 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS EXPORTADORAS DE CARNE - ABIEC, 2015). Este crescimento foi amparado pelo aumento da disponibilidade de grãos gerados pelo crescimento significativo da agricultura brasileira (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB, 2015).

Entretanto, os três co-produtos mais utilizados em dietas para bovinos confinados no Brasil, o caroço de algodão, a polpa cítrica e a casca de soja (OLIVEIRA; MILLEN, 2011), encontram-se com oferta ajustada e em alguns locais, até mesmo insuficiente em relação à demanda atual. Dificilmente será possível o crescimento de forma significativa da atividade de confinamento no país nos próximos anos, com base na maior oferta desses co-produtos. Certamente esse crescimento, se vier a ocorrer, terá que ser suportado pelo aumento da utilização de grãos de cereais, no caso milho e sorgo.

O principal nutriente contido nos grãos de cereais é o amido. Este representa entre 65 a 72% da MS do milho e do sorgo (HUNTINGTON, 1997; OWENS et al., 1997; PAES, 2006; SANTOS; MOSCARDINI, 2007; SANTOS; CARARETO; MARQUES, 2011). Sendo assim, para o aproveitamento eficiente desses grãos de cereais pelos bovinos é imprescindível que a digestão do amido no trato digestório dos animais seja otimizada (OWENS; SODERLUND, 2006; SANTOS; CARARETO; MARQUES, 2011).

O principal fator que impõe limitações à digestão total do amido no trato digestório de bovinos é a presença da matriz proteica envolvendo os grânulos de amido no endosperma dos grãos de milho e de sorgo. Esta funciona como barreira física que impede a ação das amilases microbianas e pancreática sobre as moléculas de amido (McALLISTER et al., 2006). Para otimizar a digestão do amido desses grãos de cereais é necessário romper essas barreiras, e isso normalmente é feito através de determinados métodos de processamento de grãos (THEURER, 1986; OWENS et al., 1997; HUNTINGTON, 1997; ZINN et al., 2002; OWENS; SODERLUND, 2006; McALLISTER et al., 2006; SANTOS; CARARETO; MARQUES, 2011).

Os métodos de processamento que têm se mostrado mais eficientes para os grãos de milho e de sorgo são a floculação e a ensilagem dos grãos com alta umidade. Para o milho dentado utilizado na América do Norte, a floculação aumentou em torno de 12% a eficiência alimentar de bovinos confinados com rações contendo 85 a 91% de concentrado em comparação com laminação a seco (OWENS et al., 1997). Por outro lado, em trabalhos conduzidos no Brasil com milho *flint*, ricos em endosperma vítreo (CARARETO, 2011; PERES, 2011; MARQUES, 2011; GOUVÊA, 2012) têm resultado em efeitos positivos da floculação maiores que os relatados com milho dentado.

Outro aspecto relevante e pouco estudado no Brasil, especialmente com zebuínos terminados em confinamento é quanto ao teor ótimo de FDN ou de FDN de volumoso (FDNv) nas rações utilizadas no país (CARARETO, 2011). De acordo com Oliveira e Millen (2011) o teor de concentrado nas dietas de confinamento utilizadas no Brasil vem crescendo nos últimos anos com valores médios ao redor de 79%. As principais fontes de forragem nas dietas nacionais são a silagem de milho (27,3%), silagem de sorgo (24,2%), bagaço de cana *in natura* (BIN) (21,2%), cana-de-açúcar (15,2%) e silagem de capim (12,1%).

O fornecimento de dietas com teores altos em concentrado resulta normalmente em melhor eficiência alimentar dos animais e maior facilidade operacional no confinamento (SANTOS; CARARETO; MARQUES, 2011). Entretanto, há carência de dados científicos sobre o desempenho e incidência de distúrbios metabólicos em animais zebuínos alimentados com essas dietas.

Rações com teores insuficientes de fibra podem resultar em acúmulo de ácidos graxos voláteis (AGV) no rúmen retículo e desencadear um quadro de acidose (OWENS et al., 1998). Este distúrbio metabólico tem efeitos negativos sobre o desempenho e a saúde dos animais, com efeitos deletérios sobre a Ingestão de matéria seca (IMS), sobre a degradação da fibra e síntese microbiana (GRANT; MERTENS, 1992), sobre a motilidade do rúmen retículo (OWENS et al., 1998) e sobre a morfologia da parede ruminal (GAEBEL et al., 1989). Outros problemas como paraqueratose, ruminite, abscessos hepáticos e laminite também estão associados a acidose ruminal (NAGARAJA; LECHTENBERG, 2007).

De acordo com Galyean e Defoor (2003), as variações nos teores de FDNv e de FDN_e da forragem na dieta explicam a maior parte da variação ($R^2 > 0,90$) observada na IMS de bovinos de corte confinados alimentados com dietas com altos

teores de concentrado. Contudo, o FDN total da dieta explicou 80% ($R^2 = 0,80$) da variação na ingestão de ELg em relação ao peso metabólico do animal (Mcal/kg de $PC^{0,75}$), enquanto o teor de FDNv explicou apenas 58,3% ($R^2 = 0,58$) dessa variação. A adoção da variável FDN efetiva acrescentou aumento ínfimo no valor do coeficiente de determinação para variação da ingestão de matéria seca (IMS).

Pritchard (2006) revisou trabalhos na literatura internacional sobre concentrações e fonte de forragem e suas interações com métodos de processamento de grãos de cereais. O número de trabalhos disponíveis é restrito e as informações referem-se basicamente a animais taurinos. O autor conclui que existem interações consistentes entre métodos de processamento de grãos e fontes e concentrações de volumoso em dietas com alto teor de concentrado. No caso de grãos inteiros de milho, a resposta é pequena à inclusão de volumoso na dieta. Para milho floculado, as respostas ótimas ocorrem com nível de volumoso ao redor de 5% da MS, mas para milho ensilado úmido, teores mais altos de volumoso são necessários para otimizar a reposta animal.

A utilização de dietas com teores mínimos de volumoso ou até mesmo sem volumoso é recente no Brasil, havendo falta de informação quanto aos níveis ótimos de volumoso, fontes de volumoso e suas interações com métodos de processamento de grãos de milho *flint* para animais zebuínos.

Com o objetivo de testar as hipóteses de que: a) a floculação do milho *flint* melhora o valor energético deste cereal acima dos valores relatados na literatura com milho dentado e b) aumenta a ingestão de energia e a eficiência alimentar de machos zebuínos, assim como c) a inclusão de níveis baixos de FDN de bagaço de cana-de-açúcar na dieta não compromete o desempenho de animais zebuínos em confinamento, foi conduzido o seguinte estudo onde foram avaliados métodos de processamento do milho *flint* (moído grosso ou floculado) e diferentes concentrações de FDN de volumoso (bagaço de cana-de-açúcar (BIN)) assim como suas possíveis interações sobre o consumo, desempenho, características de carcaça, digestibilidade dos nutrientes, valor energético das rações, parâmetros ruminais e sanguíneos, comportamento ingestivo, assim como parâmetros da integridade do epitélio ruminal e incidência de rumenite em tourinhos zebuínos terminados em confinamento.

Referências

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS EXPORTADORAS DE CARNE. Disponível em: <<http://www.abiec.com.br/texto.asp?id=8>>. Acesso em: 18 abr. 2015.
- BARKER, I.K.; VAN DREUMEL, A.A.; PALMER, N. The alimentary system. In: JUBB, K.V.F.; KENNEDY, P.C.; PALMER, N. (Ed.). **Pathology of domestic animals**. 4th ed. San Diego: Academic Press, 1995. v. 2, p. 17-20.
- CARARETO, R. **Fontes de nitrogênio, níveis de forragem e métodos de processamento de milho em rações para tourinhos da raça Nelore terminados em confinamento**. 2011. 106 p. Tese (Doutorado em Ciência Animal e Pastagens) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2011.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1253&>>. Acesso em: 12 jan. 2015.
- CRICHLOW, E.C., CHAPLIN, R.K. Ruminal lactic acidosis: relationship of fore stomach motility to non-dissociated VFA-levels. **American Journal of Veterinary Research**, Schaumburg, v. 46, p.1908–1911, 1985.
- GAEBEL, G.; BELL, M.; MARTENS, H. The effect of low mucosal pH on sodium and chloride movement across the isolated rumen mucosa of sheep. **Quarterly Journal of Experimental Physiology**, Cambridge, v. 74, p. 35-44, 1989.
- GALYEAN, M.L.; DEFOOR, P.J. Effects of roughage source and level on intake by feedlot cattle. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 81, n. 2, p. 8-16, 2003.
- GOUVÊA, V.N. **Processamento de grãos de milho flint e sua substituição por polpa cítrica em dietas para tourinhos Nelore terminados em confinamento**. 2012. 94 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) – Escola de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2012.
- GRANT, R.J.; MERTENS, D.R. Influence of butter pH and raw corn starch addition on *in vitro* fiber digestion kinetics. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 75, n. 10, p. 2762-2768, 1992.
- HUNTINGTON, G.B. Starch utilization by ruminants: from basics to the bunk. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 75, p. 852-867, 1997.
- INFORMA ECONOMICS FNP. **ANUALPEC 2012**: anuário da pecuária brasileira. São Paulo, 2012. p. 56.
- MARQUES, R.S. **Efeitos da variação dos níveis de forragem em dietas contendo grãos de milho inteiro e os benefícios da floculação na terminação de tourinhos Nelore**. 2011. 72 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal Pastagens) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2011.

MCALLISTER, T.A.; GIBB, D.J.; BEAUCHEMIN, K.A.; WANG, Y. Starch type, structure and ruminal digestion. In: CATTLE GRAIN PROCESSING SYMPOSIUM, 2006, Tulsa. **Proceedings...** Tulsa: Oklahoma State University, 2006. p. 30-41.

NAGARAJA, T.G.; LECHTENBERG, K.F. Acidosis in feedlot cattle. **Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice**, Philadelphia, v. 23, n. 2, p. 333-350, 2007.

OLIVEIRA, C.A.; MILLEN, D.D. Levantamento sobre as recomendações nutricionais e práticas de manejo adotadas por nutricionistas de bovinos confinados no Brasil: Informações gerais e adaptação. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 48., 2011, Belém. **Anais...** Belém: SBZ, 2011. 1 CD-ROM.

OWENS, F.N.; SODERLUND, S. Ruminal and post ruminal starch digestions by cattle. In: CATTLE GRAIN PROCESSING SYMPOSIUM, 2006, Tulsa. **Proceedings...** Tulsa: Oklahoma State University, 2006. p. 116-128.

OWENS, F.N.; SECRIST, D.S.; HILL, W.J.; GILL, D.R. The effect of grain source and grain processing on performance of feedlot cattle: a review. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 75, p. 868-879, 1997.

_____. Acidosis in cattle: a review. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 76, p. 275-286, 1998.

PAES, M.C.D. **Aspectos físicos, químicos e tecnológicos do grão de milho**. Sete Lagoas: EMBRAPA, CNPMS, 2006. 6 p. (EMBRAPA. CNPMS. Circular Técnica, 75).

PERES, S.M. **Processamento de grãos de milho do tipo flint ou duro e adequação proteica em rações para bovinos em terminação – desempenho animal e digestibilidade do amido**. 2011. 89 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2011.

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, 2006. p. 150-154.

SANTOS, F.A.P.; MOSCARDINI, M.C. Substituição de fontes de amido por subprodutos ricos em pectina ou fibra de alta digestibilidade na ração de bovinos confinados. In: SIMPÓSIO DE NUTRIÇÃO DE RUMINANTES – SAÚDE DO RÚMEN, 3., 2007, Botucatu. **Anais...** Botucatu: UNESP, 2007. p. 31-47.

SANTOS, F.A.P.; CARARETO, R.; MARQUES, R.S. Processamento de grãos para bovinos de corte. In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE BOVINOS, 9., 2011, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2011. p. 403-432.

SINGH, S.S.; MURRAY, R.D.; WARD, W.D. Histopathological and morphometric studies on the hooves of dairy and beef cattle in relation to overgrown sole and laminitis. **Journal of Comparative Pathology**, London, v. 107, p. 319-328, 1992.

THEURER, C.B. Grain processing effects on starch utilization by ruminants. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 63, n. 5, p. 1649-1662, 1986

ZINN, R.A.; OWENS, F.N.; WARE, R.A. Flaking corn: processing mechanics, quality standards, and impacts on energy availability and performance of feedlot cattle. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 80, p. 1145-1156, 2002.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 Revisão Bibliográfica

2.1.1 Digestibilidade do amido e suas implicações no desempenho animal.

Cerca de 70% da produção mundial de milho é destinada à alimentação animal (PAES, 2006). Em sistemas intensivos de produção de gado de corte, o milho representa importante fonte de energia, sendo esse, o grão de cereal mais utilizado em dietas de terminação nos confinamentos brasileiros (OLIVEIRA; MILLEN, 2011).

Com base em suas características, os grãos de milho podem ser divididos em cinco tipos: Duro (*flint*), pipoca, farináceo, dentado e doce (CORONA et al., 2006). A principal diferença entre os diversos tipos de grãos de milho é a forma e o tamanho dos grãos, definidos pela estrutura do endosperma e o tamanho do gérmen. Milhos *flint* ou duro diferem dos milhos farináceos e dentados na relação entre endosperma vítreo e endosperma farináceo (PAES, 2006).

O milho cultivado nos Estados Unidos é quase em sua totalidade do tipo dentado (predomina o endosperma farináceo ou poroso) enquanto no Brasil prevalece o cultivo do milho do tipo *flint* (predomina o endosperma vítreo ou duro) (CORREA et al., 2002). Com a perda de umidade do grão, durante o processo de maturação fisiológica da planta, o endosperma farináceo e macio reduz o seu volume mais do que as camadas duras no lado do endosperma, assim se origina a indentação pelo enrugamento do endosperma no topo da semente. Grãos do tipo *flint* têm endosperma duro ocupando quase todo o seu volume e baixa proporção de endosperma farináceo. A vitreosidade é definida como a proporção de endosperma duro (vítreo) em relação ao endosperma total (CORREA, 2001).

Independentemente do tipo, este cereal é composto por quatro estruturas físicas principais: endosperma, gérmen, pericarpo (casca) e ponta, as quais diferem em composição química e também na organização dentro do grão (PAES, 2006). O pericarpo é uma camada externa protetora e representa em média 5% do grão, rica em fibra, composta de hemicelulose (67%), celulose (23%) e lignina (0.1%). O endosperma representa cerca de 83% do grão, composto principalmente de amido (88%) e proteínas de reserva (8%), sobretudo prolaminas, chamadas de zeínas, que formam os corpos proteicos componentes da matriz proteica que envolve os grânulos de amido (PAES, 2006). No milho, as concentrações de prolaminas tendem a ser elevadas no endosperma vítreo e menores no endosperma farináceo. Para cada grão

de cereal as prolaminas têm nomes específicos, no trigo chama-se gliadinas, na aveia tem-se as aveninas, na cevada as hordeínas, no sorgo as kafirinas e no milho as zeínas (HOFFMAN; SHAVER, 2011).

O gérmen representa cerca de 11% do grão de milho e reúne a quase totalidade dos lipídeos (83%) e dos minerais (78%) do grão, além de quantidades importantes de proteínas de reservas (26%) (albuminas, globulinas e glutelinas). A ponta é a menor estrutura do grão, representando apenas 2% e é responsável por conectar o grão ao sabugo, sendo composta basicamente de material lignificado (PAES, 2006).

O amido é o principal componente energético contido nos grãos de cereais, representando entre 65 a 72% da matéria seca (MS) do milho (HUNTINGTON, 1997; OWENS et al., 1997; PAES, 2006; SANTOS; CARARETO; MARQUES, 2011). Este é um glucano composto por dois grandes tipos de moléculas: amilose e amilopectina, que são mantidas juntas (unidas) por pontes de hidrogênio (ROONEY; PFLUGFELDER, 1986), conferindo aos grânulos íntegros uma baixa capacidade de absorção de água por se apresentarem estáveis (FLINT; FORSBERG, 1995). Amilose é um polímero linear de ligações α -1,4 de unidade de glicose e a amilopectina é um polímero muito maior e possui cadeia linear de ligações α -1,4 e cadeias ramificadas com ligações α -1,6 (McALLISTER et al., 2006). O grau de ramificação da amilopectina é variável entre e dentro de espécies e é influenciado pelas propriedades do amido (ROONEY; PFLUGFELDER, 1986).

A proporção de amilose do amido varia de 0 a 80%, dependendo da espécie e das variações genéticas dentro da espécie, geralmente grãos de cereais contêm de 20 a 30% de amilose, enquanto amidos cerosos contêm pouca ou nenhuma amilose. Já a amilopectina compreende de 70 a 80% do amido da maioria dos cereais e é o único amido de genótipo ceroso de milho, sorgo, cevada, arroz e milheto (ROONEY; PFLUGFELDER, 1986). Os amidos são definidos como cerosos, quando a proporção de amilose para amilopectina é <15%; normal, quando a amilose constitui 16 a 35% do grânulo, e de alta amilose quando o conteúdo de amilose é superior a 36% do grânulo (McALLISTER et al., 2006).

Nos grãos de milho, o endosperma tem duas regiões distintas. Na região do endosperma vítreo, grânulos de amido são densamente compactados dentro de uma matriz proteica, enquanto que na região do endosperma farináceo, grânulos de amido são apenas fracamente associados com a matriz proteica (McALLISTER et al., 2006).

Os grânulos de amido são formados pela deposição de anéis de crescimento, que consistem em camadas alternadas semicristalinas e amorfas. Esses anéis se estendem a partir do centro do grânulo (hilo) no sentido da superfície dos grânulos de um modo análogo às camadas de uma cebola. As regiões amorfas em grânulos de amido representam os pontos de ramificação de amilopectina enquanto que área cristalina representa uma estrutura mais compacta de dupla helicoidal da amilopectina (McALLISTER et al., 2006).

Os grânulos de amido sofrem gelatinização, ou perdas irreversíveis na sua estrutura primária, quando energia suficiente é aplicada para quebrar as pontes de hidrogênio entre as moléculas nas áreas cristalinas. Durante a gelatinização os grânulos de amido absorvem água, incham, secretam parte da amilose, tornando mais susceptíveis à degradação enzimática. A gelatinização se inicia nas áreas amorfas com a penetração de calor e umidade nas áreas cristalinas ocorrendo de forma mais lenta. Processo este, que é semi-cooperativo, isto é, à medida que as áreas amorfas vão inchando, vai promovendo ruptura dos cristais. A gelatinização pode ser causada por agentes mecânicos, térmicos ou químicos, assim como também, pela combinação entre os vários agentes. (ROONEY; PFLUGFELDER, 1986).

Quando os grãos floculados são armazenados em condições de calor e umidade por um período curto de tempo, as moléculas de amido que foram gelatinizadas podem se reassociar e formar o amido retrogradado. A retrogradação do amido é “resistente enzimaticamente” quando incubado na presença de enzimas ou leveduras digestivas de amido. No entanto, a capacidades dos microrganismos do rúmen em digerir amido retrogradado não é totalmente clara (ARMBRUSTER, 2012).

Retrogradação é a reassociação das moléculas de amido separadas durante a gelatinização, resultando na liberação da água ligada. Podendo ser vista como o oposto da gelatinização. Pontes de hidrogênio entre amilose e amilopectina são refeitas, embora o amido retrogradado tenha a estrutura primaria definitivamente perdida. A extensão deste processo depende de vários fatores, incluindo a estrutura da amilose e amilopectina, umidade, temperatura, agentes complexantes (lipídeos) e a concentração de amido (ROONEY; PFLUGFELDER, 1986).

A digestibilidade do amido dos grãos de cereais é afetada por dois fatores principais, o tipo de grão de cereal e o método de processamento. Fatores intrínsecos ao tipo de grão de cereal são: a relação amilose:amilopectina (ROONEY; PFLUGFELDER, 1986), a vitreosidade (CORREA et al., 2002) e principalmente, a

presença de matriz proteica revestindo os grânulos de amido (McALLISTER et al., 2006).

De maneira geral, amido de cereais é mais facilmente digerido que amido de raízes e tubérculos, enquanto o amido de leguminosas possuem digestibilidade intermediária (ROONEY; PFLUGFELDER, 1986). Uma exceção é a mandioca que possui um amido altamente digestível (CONE; WOLTERS, 1990). O cozimento melhora a digestibilidade do amido. Contudo, milho com alta amilose tem digestibilidade menor, tanto nas formas crua e cozida. Enquanto que amido de cereais cerosos estão entre os mais digestíveis. A digestibilidade do amido é geralmente inversamente proporcional ao conteúdo de amilose, assim amido de banana e batatas cruas tem sua digestibilidade afetada devido ao elevado conteúdo de amilose (ROONEY; PFLUGFELDER, 1986).

No entanto, para animais ruminantes, a digestibilidade do amido é mais influenciada pela acessibilidade (presença do pericarpo e da matriz proteica no endosperma) dos microrganismos ruminais aos grânulos de amido do que pelo conteúdo de amilose (McALLISTER et al., 2006; OWENS; BASALAN, 2012a).

No ambiente ruminal, uma vez que o pericarpo é violado, a acessibilidade aos grânulos de amido continua limitada pela matriz proteica e parede celular do endosperma. A maioria das bactérias ruminais que podem digerir o amido não possuem enzimas beta-glucanases e, portanto, não podem quebrar as paredes celulares do endosperma. Estas bactérias dependem de microrganismos celulolíticos para penetrar as barreiras físicas e fornecer acesso aos grânulos de amido (McALLISTER et al., 2001).

A matriz proteica do milho é resistente ao ataque de enzimas proteolíticas, com isso, restringe o acesso das amilases bacterianas aos grânulos de amido. Em cereais como a cevada por exemplo, a digestibilidade do amido é mais rápida, devido a menores concentrações de prolaminas (hordeínas) e associações mais fracas, tornando mais fácil a degradação da matriz por uma variedade de bactérias proteolíticas (SVIHUS; UHLEN; HARSTAD, 2005).

A ligação proteína:amido é mais forte em milho e sorgo, o que explica porque o processamento desses dois grãos resulta em um grande número de grânulos de amido quebrados, maior área de superfície e aumento na degradação ruminal em comparação com cereais como a cevada ou trigo (SVIHUS; UHLEN; HARSTAD, 2005).

As principais bactérias ruminais envolvidas com a digestão do amido são *Streptococcus bovis*, *Ruminobacter amylophilus*, *Prevotella ruminicola*, *Butyrivibrio fibrisolvens*, *Succinomonas amylolytica* e *Selenomonas ruminantium* (COTTA, 1988). Cada uma dessas bactérias é capaz de digerir amido, mas nenhuma delas é capaz de produzir uma variedade de enzimas necessárias para digerir o todo o grão. Assim, o acesso bacteriano aos grânulos de amido exige claramente uma simbiose entre bactérias para eliminar os impedimentos à digestão (McALLISTER et al., 2006).

A densidade da matriz proteica varia com a localização da célula no grão. No endosperma vítreo, os grânulos de amido são menores e a matriz é densa, bem desenvolvida. Já as células do endosperma farináceo tendem a apresentar um número maior de grânulos de grande tamanho, envoltos por uma matriz esparsa e fragmentada, tornando essa porção mais acessível ao ataque enzimático (ROONEY; PFLUGFELDER, 1986; HARMON; TAYLOR, 2005).

O processamento pode romper a matriz proteica e permitir que o amido seja mais acessível à digestão enzimática. No entanto, certos tipos de tratamento (aqueles que causam gelatinização) podem levar à formação de um complexo indigestível entre amido e proteína (NOCEK; TAMMINGA, 1991). McAllister et al. (2006) reportaram que o tratamento térmico a níveis de umidade baixas podem diminuir a digestibilidade do amido devido à formação de complexos de amido-proteína, mas não é conhecido até que ponto estes complexos podem ser formados em grão submetido a processamento de vapor. Até o momento não se sabe se os microrganismos do rúmen podem hidrolisar estes complexos e disponibilizar o amido para a fermentação ruminal.

Vários estudos também mostram uma relação negativa entre vitreosidade do endosperma e digestibilidade do amido (PHILIPPEAU; MICHALET-DOUREAU, 1998; PHILIPPEAU; LANDRY; MICHALET-DOREAU, 2000; CORRÊA et al., 2002; PEREIRA et al., 2004; NGONYAMO-MAJEE et al., 2008; LOPES; SHAVER; HOFFMAN, 2009). No trabalho conduzido por Corrêa et al. (2002), híbridos brasileiros, representando extremos de dureza do grão, foram comparados com híbridos de milho cultivados nos Estados Unidos. A vitreosidade dos híbridos brasileiros no estágio maduro variou de 64,2 a 80,0% do endosperma, com média de 73,1%. Nos híbridos norte-americanos a vitreosidade variou de 34,9 a 62,3% do endosperma, com média de 48,2%. O híbrido brasileiro menos vítreo teve maior vitreosidade que o mais vítreo dos Estados Unidos. Neste estudo a correlação entre vitreosidade e degradabilidade ruminal foi negativa e alta.

A digestibilidade do amido também é afetada pelo método de processamento dos grãos de cereais, quer seja por moagem, laminação, ensilagem de grão com alta umidade ou floculação. Estes processos quebram as barreiras recalcitrantes, tais como a casca, pericarpo e a matriz proteica, permitindo o acesso dos microrganismos ao amido dentro das células do endosperma. Além disso, estes processamentos reduzem o tamanho de partícula do grão, aumentando a área de superfície disponível para a adesão microbiana e colonização, aumentando a taxa e a extensão da digestão do amido (OWENS et al., 1997; OWENS; SODERLUND, 2006; McALLISTER et al., 2006).

A floculação é um processo intenso que exige maior controle de qualidade que outros processamentos como a moagem e a laminação a seco. Neste processo, o grão é exposto ao vapor por 30 a 60 minutos em uma câmara vertical de aço inoxidável. Nesta etapa o grão absorve água até atingir 18 a 20% de umidade. Em seguida é floculado entre os rolos pré-aquecidos e ajustados para se obter a densidade desejada. Os rolos são aquecidos devido à própria passagem dos grãos que foram expostos ao vapor (THEURER et al., 1999; ZINN; OWENS; WARE, 2002).

A moagem de grãos com um tamanho de partícula muito fina irá aumentar a digestibilidade do amido. No entanto, os benefícios da digestão do amido com moagem fina são consideravelmente menores do que os obtidos a partir da floculação ou ensilagem de grãos com alta umidade. Embora, grãos laminados finamente ou moídos tenha aumentado o valor alimentar de grãos mais vítreos para novilhos e vacas em lactação (OWENS; SODERLUND, 2006).

Os métodos de processamento que têm se mostrado mais eficientes para os grãos de milho e de sorgo são a floculação e a ensilagem dos grãos com alta umidade (OWENS et al., 1997; OWENS; SODERLUND, 2006; SANTOS; CARARETO; MARQUES, 2011). Para o milho dentado utilizado nos Estados Unidos, a floculação aumentou em torno de 12% a eficiência alimentar de bovinos confinados com rações contendo 85 a 91% de concentrado em comparação com laminação a seco (OWENS et al., 1997).

Entretanto, no Brasil a quase totalidade do milho cultivado é do tipo *flint*. Sendo assim, os valores de digestibilidade do amido dos cultivares de milho utilizados no país devem ser menores que os valores relatados nos Estados Unidos por Owens e Soderlund (2006) com milho dentado.

Em virtude dessa menor digestibilidade do amido nos cultivares de milho *flint* em relação aos cultivares dentados, é de se esperar que métodos de processamento mais intensos como a ensilagem e a floculação expressem benefícios mais acentuados sobre a digestibilidade do amido e desempenho animal nos cultivares *flint* que nos cultivares dentados americanos (SANTOS; CARARETO; MARQUES, 2011). Esta hipótese vem sendo confirmada de forma consistente em trabalhos recentes (CARARETO, 2011; PERES, 2011). Nestes trabalhos, a floculação do milho aumentou a eficiência alimentar de tourinhos da raça Nelore em 26% e 25,5%, respectivamente em comparação com a laminação a seco. Esses valores são mais que o dobro do valor médio de 12% relatado por Owens et al. (1997) com milho dentado nos Estados Unidos.

Independentemente do método de processamento adotado e do tipo de grão de cereal (milho, sorgo, cevada, trigo ou aveia), o rúmen é o principal sítio de digestão do amido em bovinos com produção de AGV e proteína microbiana, além de CO₂ e metano (OWENS; SODERLUND, 2006). Dados compilados de experimentos publicados entre 1990 e 2006 por Owens e Soderlund (2006) avaliando a influência do processamento do grão de milho sobre o local e a extensão da digestão do amido em bovinos de corte confinados, demonstraram que quando o milho foi laminado a seco, fornecido inteiro, floculado ou ensilado úmido, a digestibilidade ruminal do amido (% da ingestão) foi de 63,80%; 68,34%; 84,05% e 86,55%, respectivamente e a fração da digestão ruminal do amido em relação ao percentual de amido digerido no trato digestivo total foi de 70,15%; 79,20%; 84,74% e 87,24%, respectivamente.

Apesar do rúmen ser o principal local de digestão do amido, quantidades consideráveis deste nutriente devem chegar ao intestino delgado de bovinos confinados alimentados com dietas ricas em grãos e independentemente do método de processamento do milho, a digestão do amido no intestino delgado não é total, variando de 58,83% para milho laminado, 64,64% com milho inteiro, 92,48% com milho floculado e 94,86% com milho ensilado úmido (OWENS; SODERLUND, 2006). As principais causas sugeridas para essa limitação da digestão do amido no intestino delgado são: a) limitação enzimática; b) limitação na capacidade de absorção de glicose; c) tempo insuficiente para digestão no intestino delgado; d) dificuldade de acesso das enzimas aos grânulos de amido (RUSSELL; YOUNG; JORGENSEN, 1981; OWENS; ZINN; KIM, 1986; HARMON, 1992; HUNTINGTON, 1997; HUNTINGTON; HARMON; RICHARDS, 2006). O amido que não é digerido no

intestino delgado é novamente submetido à fermentação e ação de enzimas microbianas no intestino grosso, com produção de AGV, proteína microbiana, metano e calor.

É certo que de todo o amido ingerido, o que chega ao intestino grosso é o de menor digestibilidade. No caso de milho laminado a seco, a digestibilidade do amido no intestino grosso é de 56,32% contra 24,8% para a silagem de grão úmido, 20,47% para o milho floculado e 32,09% para o milho inteiro (OWENS; SODERLUND, 2006). Em virtude das altas digestibilidades do amido do milho ensilado úmido e floculado no rúmen e no intestino delgado, a fração de amido que chega ao intestino grosso é quase que composto apenas pela fração indigestível.

A digestibilidade do amido no trato total (% do ingerido) foram de 91,03%; 87,08%; 99,09% e 99,25% para laminado a seco, fornecido inteiro, floculado ou ensilado úmido, respectivamente (OWENS; SODERLUND, 2006). Este aumento da digestibilidade do amido e, conseqüentemente, da disponibilidade de energia para gado de corte em virtude do processamento de grãos, também foi reportado por Owens e Basalan (2012a), da qual as estimativas foram derivadas de comparações diretas de uma única partida de grão ou através de cálculos do valor de energia líquida do grão feitos a partir do desempenho animal e consumo de alimento de diversos experimentos compilados. O valor médio de digestibilidade do amido no trato total foram de 89,3 vs. 99,1 para milho laminado seco e floculado respectivamente, com incremento de 11,0% de digestibilidade favorável ao milho floculado. Já o valor médio de energia líquida de ganho foi de 1,50 vs. 1,62 Mcal/kg para milho laminado seco e floculado respectivamente, com incremento de 8,0% no valor de energia para o milho floculado.

De acordo com Zinn, Owens e Ware (2002), a floculação adequada dos grãos de milho dentado resulta em aumentos de 15% no teor de energia líquida de manutenção e 18% no teor de energia líquida para ganho em comparação com a laminação a seco. Owens et al. (1997) relataram que a floculação aumenta a energia metabolizável (EM) do milho em 15% comparado com a laminação a seco. Alguns trabalhos (OWENS et al., 1997; ZINN; OWENS; WARE, 2002) indicam que a resposta do milho floculado, quando comparado com a laminação a seco, é consideravelmente maior que os reportados pelo National Research Council (NRC) gado de corte (1996).

Segundo Armbruster (2012), a floculação melhora o desempenho de bovinos em confinamento em função do acréscimo na digestibilidade ruminal do amido, pós-

ruminal e no trato total. Além disso, a digestibilidade da proteína bruta também é melhorada.

Trabalhos recentes têm confirmado as vantagens da floculação do milho sobre a laminação a seco para bovinos confinados. Macken et al. (2004) reportaram diminuição de 1,48% na ingestão de matéria seca (IMS), incremento de 15,2% no ganho de peso médio diário (GPD) e aumento de 16,9% na eficiência alimentar. LaBrune et al. (2008), relataram, aumento de 1,0% na IMS, aumento de 17,3% no GPD e aumento de 12,5% na eficiência alimentar. Leibovich et al. (2009), descreveram diminuição de 6,32% na IMS, aumento de 1,27% no GPD e aumento de 7,69% na eficiência alimentar. Corrigan et al. (2009), reportaram diminuição de 8,91% na IMS, aumento de 0,6% GPD e incremento de 10,44% a eficiência alimentar.

Em trabalhos recentes conduzidos no Brasil, Carareto (2011), reportou que a floculação do milho *flint* reduziu o IMS, aumentou o GPD, aumentou o rendimento de carcaça, resultando em um incremento de 26% na eficiência alimentar de tourinhos Nelore em terminação. Além disso, a floculação também aumentou a digestibilidade total do amido, a energia líquida do milho e das dietas, em comparado com o milho laminado. Peres (2011), da mesma forma, trabalhando com tourinhos Nellores confinados, constatou que a floculação do milho aumentou o GPD, aumentou o rendimento de carcaça, mas não houve diferença na IMS, porém, resultou em um incremento na eficiência alimentar de 25,5%. A floculação também aumentou a digestibilidade total do milho, a energia líquida do milho e das dietas, comparada com a laminação a seco.

Segundo Owens e Basalan (2012b), a maior digestibilidade do amido explica as diferenças em energia resultantes do processamento de grãos. Para sustentar esta afirmação estes autores fazem referência a um experimento onde quatro híbridos de grãos de milho da *Pioneer* com vitreosidades diferentes, após sofrerem processos de laminação ou floculação a 360 g/L, foram fornecidos para oito novilhos canulados no rúmen e duodeno. A floculação dos grãos reduziu substancialmente a quantidade de amido perdida nas fezes, porém a quantidade de matéria orgânica não amilácea presente nas fezes foi maior para os novilhos alimentados com milho floculado, sugerindo haver um decréscimo na digestão da fibra o que reflete em abaixamento do pH ruminal. A perda de metano calculada foi substancialmente reduzida para os novilhos alimentados com grão floculado devido a maior concentração de propionato no rúmen. Como resultado, a concentração de energia metabolizável foi estimada em

13 a 25% maior para dietas com milho floculado em comparação às dietas com milho laminado.

Estes resultados explicam em parte o melhor desempenho dos animais quando alimentados com grãos de milho ou sorgo processados mais intensamente, gerando maior disponibilidade de energia para o animal, compensando as perdas ruminais por metano e calor. Outro fator que pode contribuir para o melhor desempenho, principalmente no caso de animais jovens, é o aumento da síntese de proteína microbiana no rúmen e consequentemente maior fluxo de proteína metabolizável para o intestino.

2.1.2 Efeitos da fibra e suas implicações em dietas de confinamento

Segundo Van Soest (1994), fibra é um componente estrutural das plantas (parede celular) e é 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, pois contém pectina, que possui digestibilidade alta e constante (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.

Mertens (1992), descreve fibra como um termo meramente nutricional e sua definição está vinculada ao método analítico empregado na sua determinação. O método denominado de fibra bruta (FB) descrito por Weende foi o primeiro utilizado para caracterizar a fração fibra de ingredientes destinados a ruminantes (MERTENS, 1992). Em 1967, Van Soest e Wine desenvolveram o sistema de fibra insolúvel em detergente neutro (FDN) e fibra insolúvel em detergente ácido (FDA), com isto, o método FB foi gradativamente substituído, uma vez que estas frações eram mais representativas dos componentes da parede celular de um ingrediente destinado a alimentação de ruminantes (NUSSIO; CAMPOS; LIMA, 2006).

A fração FDN compreende hemicelulose, celulose e lignina; enquanto que a fração FDA é composta por celulose e lignina apenas, excluindo-se a hemicelulose no processo analítico. Atualmente, o método FDN é o que melhor representa a fração do alimento de digestão lenta ou indigestível e que ocupa espaço no trato digestório (MERTENS, 1998). Porém, a porção FDN mede as características químicas, mas não as 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 IMS foi positivamente correlacionada com a concentração de FDN quando a energia limita a ingestão, mas negativamente correlacionada com a concentração de FDN quando o enchimento do rúmen limita a ingestão (MERTENS, 1992). Assim, a adição de alimentos fibrosos que causam enchimento do trato digestório em uma dieta já rica em FDN geralmente reduz a IMS e a ingestão de energia. Por outro lado, a adição de alimentos fibrosos a dietas com alto teor de concentrado (baixo teor de FDN) deve aumentar a IMS até o ponto em que o teor de FDN da dieta se torna alto o suficiente para afetar o enchimento ruminal (VASCONCELOS; GALYEAN, 2007). Da mesma forma, FDA, a porção da fibra que é insolúvel em detergente ácido, está correlacionada negativamente com a digestibilidade (PARISH, 2007).

O principal papel do volumoso em dietas de terminação é provavelmente como ação efetiva mecânica da função ruminal (PRITCHARD, 2006). Preston (1998) reporta que apesar de dietas com até 100% de concentrado tenham sido utilizadas com sucesso para bovinos e ovinos de corte, a adição de 5 a 20% da MS de uma fonte de fibra faz com que ocorra uma melhoria no desempenho animal.

Devido às diferentes respostas no desempenho, metabolismo e cinética ruminal, surgiu o conceito de fibra efetiva (FDNe). O NRC (2000) descreve fibra efetiva como sendo a fração do alimento capaz de estimular a mastigação, salivação, ruminação e a motilidade do rúmen. A utilização do termo fibra efetiva reconhece a funcionalidade diferente da fibra na dieta. A gordura do leite, a taxa de mastigação e tamanho de partícula foram todos utilizados como um índice de fibra efetiva. Atualmente, o Sistema Cornell (CNCPS) usa FDNe para ajustar o pH ruminal e a taxa de passagem (SNIFFEN et al., 1992). Outros fatores além de tamanho de partícula que influenciam a FDNe incluem o grau de lignificação da fibra, o grau de hidratação e a densidade volumétrica. A importância da FDNe pode ser vista na reduzida taxa de crescimento de microrganismos fermentadores de carboidratos estruturais e a redução na produção microbiana total quando o pH ruminal é menor do que 6,2 (sendo este relacionado com 20% de FDNe na dieta) (VARGA; KOIVER 1997).

A importância de estimular o fluxo salivar para tamponar o pH do rúmen é bem documentada (SNIFFEN et al., 1992; VARGA; KOLVER, 1997; ALLEN, 1997; NRC, 2001). Dietas com diferentes concentrações de FDNe impactam o pH ruminal, dessa forma, o FDNe é frequentemente usado para prever o pH do rúmen em formulações

de rações. Níveis suficientes de FDNe são importantes em dietas de bovinos de corte para manter o pH ruminal em níveis aceitáveis e para conservar a ingestão de alimentos maximizada (PARISH, 2007). Segundo Allen (1997), o balanço entre a produção de ácidos da fermentação e a secreção de tamponantes salivares é o que principalmente determina o pH ruminal. Sendo assim, o aumento da ingestão de FDN deve aumentar ou manter um pH ruminal mais estável. Isso deve reduzir a incidência de acidose e permitir um aumento na IMS.

Segundo o NRC (2000), o FDNe exigido em dietas com alta energia (dietas de confinamento) é de 8%, valor considerado como sendo o necessário para manter o pH do rúmen acima de 5,7, uma vez que pH ruminal abaixo 5,7 reduz drasticamente a IMS. O manejo de cocho associado a utilização de ionóforos na dieta podem ser usados para controlar grandes variações de pH do rúmen, devendo reduzir a necessidade de FDNe a um mínimo de 5% da matéria seca da dieta (NRC, 2000). Parish (2007), relata que ionóforos adicionados à dieta podem reduzir a IMS em uma única refeição e inibir a proliferação de bactérias Gram-positivas, produtores de lactato, principalmente *Streptococcus bovis*, resultando em menor flutuação do pH ruminal.

Sob condições de baixo pH do rúmen ($\text{pH} < 6$), pouca energia será derivada a partir da fibra de forragem consumida e a produção de proteína microbiana será reduzida (PARISH, 2007). O pH do rúmen está diretamente relacionado com a produção de proteína microbiana (RUSSELL et al., 1992) e crescimento microbiano a partir de carboidratos estruturais (PITT et al., 1996). O NRC (1996) nível 1, propõe que a produção microbiana possui um multiplicador = 1 se o FDNe da ração for $> 20\%$ e é reduzida em 2,5% para cada unidade de redução percentual no FDNe abaixo de 20%.

Segundo Armentano e Pereira (1997), o uso de FDN como única medida de fibra apresenta um problema para forragens processadas de formas diferentes (forragem moída finamente) e para subprodutos fibrosos. Os autores perceberam que os dois tipos de alimentos contribuem para o teor de fibra da dieta, mas a contribuição deles para o fluxo de saliva e para o pH ruminal é menor do que a contribuição de uma quantidade igual de fibra proveniente de forragens com partículas grosseiras ou longas.

Para incluir informações sobre tamanho de partícula em formulações de rações, o conceito de FDN fisicamente efetivo (FDNfe) tem recebido mais atenção. O FDNfe

de um alimento corresponde às propriedades físicas do FDN (principalmente tamanho de partículas) que estimulam a mastigação e estabelecem uma estratificação bifásica do conteúdo ruminal, contribuindo para a formação de uma camada flutuante de partículas grandes denominadas de *mat*, sobre um pool de líquido, e partículas pequenas (MERTENS, 1997). O valor de FDNfe dos alimentos está relacionado a concentração de FDN e a variação no tamanho de partícula, sendo estes fatores críticos para estimular a ruminação e a motilidade do rúmen (MERTENS, 1998).

O FDNfe de uma ração é o produto da concentração de FDN e o seu fator de efetividade física (FEF). Por definição, o FEF varia de 0, quando o FDN não é fisicamente efetivo (por exemplo, fibra de concentrados moídos) a 1, quando o FDN é totalmente efetivo (por exemplo, fibra de feno grosseiramente picado) promovendo a estratificação da digesta no rúmen, atividade mastigatória e o tamponamento ruminal (ALLEN, 1997; MERTENS, 1997).

Alimentos volumosos são incluídos em concentrações baixas em dietas de terminação com alto teor de concentrado para ajudar a manter a saúde ruminal e reduzir a incidência de desordens digestivas incluindo timpanismo, acidose, abscesso hepático e laminite (NAGARAJA; LECHTENBERG, 2007) e para maximizar o consumo de energia (DEFOOR et al., 2002). Como questão prática, existe uma relação importante entre volumosos e processamento de grãos. Quanto mais intenso o processamento de grãos como a floculação, maior o nível de FDN efetivo de forragem que é necessário na dieta total para manter o consumo e minimizar a ocorrência de distúrbios digestivos (ARMBRUSTER, 2012).

A acidose é o principal distúrbio digestivo em bovinos confinados com dietas contendo alto teor de concentrado. Por definição acidose é a redução no excesso de bases em relação ao teor de ácidos (íons de hidrogênio) nos fluidos corporais (Owens et al., 1998). A acidose ruminal é uma alteração aguda ou crônica que ocorre devido a ingestão excessiva de carboidratos facilmente fermentáveis, sendo problema frequente em ruminantes com dietas ricas em concentrados (Owens et al., 1997). Este distúrbio se manifesta em graus variados, podendo ser aguda (clínica) ou crônica (subclínica) (STOCK; BRITTON, 1991).

A acidose aguda é observada após o consumo de carboidratos não fibrosos de alta degradabilidade em quantidades suficientes para reduzir o pH ruminal abaixo de 5,2 (OWENS et al., 1998; GALYEAN; RIVERA, 2003). A acidose crônica, caracteriza-se por depressão na ingestão de alimentos, no desempenho animal, sem que o animal

apresente necessariamente sinais de estar doente. Stock e Britton (1991), expõem que todos os animais submetidos a dietas com alto teor de concentrado serão acometidos por este distúrbio ao menos uma vez durante sua estada no confinamento. O pH 5,6 é considerado limite para acidose crônica (OWENS et al., 1998; GALYEAN; RIVERA, 2003).

Quando o fornecimento de carboidratos não fibrosos (CNF) é aumentado subitamente, ácidos graxos voláteis (AGV) produzidos pelos microrganismos ruminais aumentam como resultado da maior taxa de fermentação. Os baixos níveis de pH por períodos de tempo prolongados podem favorecer a multiplicação súbita e exponencial de certas bactérias Gram-positivas (*Streptococcus bovis* e *Lactobacillus sp*) as quais geram intensa produção de ácido láctico e queda brusca no pH ruminal. O lactato geralmente não está presente no rúmen em concentrações elevadas. Mas, quando altas quantidades de CNF ocupam o rúmen, há acúmulo de ácido láctico (OWENS et al., 1998), podendo evoluir para um quadro de acidose láctica ruminal aguda.

Durante episódios de acidose crônica, a alta concentração de ácidos no rúmen agride e pode lesionar o epitélio da parede ruminal, levando ao desenvolvimento de paraqueratose e ocasionalmente a ocorrência de ruminite. A função da mucosa como barreira seletiva entre o ambiente ruminal e a corrente sanguínea é prejudicada, permitindo sua invasão por bactérias oportunistas que, a partir daí, podem alcançar o sangue, via porta, colonizando o fígado e outros tecidos (OWENS et al., 1998; NAGARAJA; LECHTENBERG, 2007).

O estudo da morfologia e histologia do rúmen podem ajudar a explicar as causas e efeitos da ocorrência de distúrbios metabólicos em bovinos. As papilas ruminais são projeções do epitélio que aumentam a área de superfície do rúmen, aumentando com isso, a área de absorção de nutrientes (AGV e outros metabólitos) (DANIELS; YOHE, 2015). O rúmen se adapta ao aumento na ingestão de dietas com alta energia por meio da hiperplasia das células epiteliais, sendo que o estímulo primário para o desenvolvimento do epitélio ruminal é químico, estimulado pelos AGV (SAKATA et al., 1980). Resultados de trabalhos reportados nas décadas de 50 e 60 identificaram a presença dos AGV, particularmente o ácido butírico e o propiônico, como sendo os principais ácidos responsáveis pelo desenvolvimento do epitélio ruminal (SANDER et al., 1959; TAMATE et al., 1962).

Em trabalhos *in vivo*, o butirato tem sido relatado como sendo o mais potente estimulador da proliferação das células epiteliais do rúmen (SAKATA; TAMATE, 1978;

SAKATA et al., 1980), além de promover maior comprimento, largura e área das papilas ruminais (GORKA et al., 2009, 2011).

Em contrapartida, no trabalho de Costa et al. (2008a), todos os AGV induziram aumento na proliferação das células da camada basal do epitélio do rúmen. Entretanto, a maior proliferação celular não refletiu em maior tamanho das papilas. Nesse trabalho, a infusão de butirato, apesar de ter resultado em aumento no número calculado de papilas ruminais, foi incapaz de induzir ganho em área ou altura das papilas. Por outro lado, o propionato tendeu a aumentar o tamanho das papilas no saco cranial do rúmen. Os efeitos inibitórios de butirato sobre o desenvolvimento papilar foram semelhantes aos resultados *in vitro* (GÁLFI; GABEL; MARTENS, 1993; BALDWIN, 1999), sugerindo que a ação direta dos AGV sobre as células epiteliais podem ter predominado sobre mecanismos humorais, uma vez que maiores concentrações plasmáticas de insulina no tratamento com butirato foram acompanhadas por menor tamanho de papilas, o oposto do observado para propionato.

O butirato parece não promover a proliferação das células do epitélio ruminal diretamente, mas atua induzindo a liberação de hormônios, que incluem IGF-1 (somatomedina C), GH (hormônio do crescimento), insulina e glucagon, uma vez que as suas concentrações plasmáticas aumentaram de maneira dose-dependente em resposta a infusões ruminais de uma mistura de AGV contendo 10% de butirato (ZHAO; SUN, 2010). Desses hormônios, a insulina (SAKATA et al., 1980; GÁLFI; GABEL; MARTENS, 1993), o glucagon (GÁLFI; GABEL; MARTENS, 1993), e IGF-1 (BALDWIN, 1999), de fato induziram a proliferação das células do epitélio ruminal *in vitro*.

Ressalta-se no entanto, que a alta produção ruminal de butirato parece ser indesejável, do ponto de vista da integridade e atividade metabólica da parede ruminal em razão dos efeitos diretos indesejáveis desse ácido sobre a proliferação e queratinização das células epiteliais podendo causar paraqueratose e ruminite (GÁLFI; GABEL; MARTENS, 1993; COSTA et al., 2008b).

As características da paraqueratose ruminal incluem camadas queratinizadas acumuladas, células epiteliais nucleadas escamosas e descamação excessiva do epitélio (STEELE et al., 2009). Alterações na dieta parecem induzir uma rápida resposta no crescimento celular do epitélio ruminal. A resposta inicial do epitélio do rúmen a um aumento drástico de carboidratos não fibrosos é a descamação do estrato

córneo, seguido por excesso de queratinização do epitélio o que conduz à paraqueratose (STEELE et al., 2009).

A paraqueratose conduz eventualmente a ruminite, que é caracterizada por alterações inflamatórias no epitélio ruminal e nos tecidos subjacentes. As causas da ruminite incluem concentrações elevadas de ácido láctico, o que resulta em baixo pH ruminal, alta pressão osmótica e presença de endotoxina bacteriana. Apenas um ou a combinação desses fatores podem tornar o epitélio suscetível ao dano mecânico (BRENT, 1976; NAGARAJA; LECHTENBERG, 2007; STEELE et al., 2009).

Após se instalar o quadro de ruminite, as barreiras físicas de defesa dos animais estarão comprometidas devido às lesões originadas, o que facilita a entrada das bactérias ruminais, em especial, as da espécie *Fusobacterium necrophorum* para corrente sanguínea e através do sistema circulatório porta, chegam ao fígado, ocasionando infecção e formação de abscessos (BRENT, 1976; NAGARAJA; LECHTENBERG, 2007).

O principal efeito econômico dos abscessos hepáticos está relacionado com redução no desempenho animal e na produção de carcaça (BRINK et al.; 1990; NAGARAJA; LECHTENBERG, 2007). Segundo Brink et al. (1990), a incidência de abscessos no fígado de animais confinados nos Estados Unidos é da ordem de 12 a 32%, sendo a maior causa de condenação de fígado. No entanto, nos trabalhos conduzidos no Departamento de Zootecnia da ESALQ, com bovinos da raça Nelore alimentados com dietas com alto teor de energia, as incidências de abscessos hepáticos foram insignificantes, quando ocorreram (SITTA, 2011; CARARETO, 2011; MARQUES, 2011; PERES, 2011; GOUVÊA, 2012).

Apesar dos riscos discutidos acima quanto ao uso de rações com teores elevados de concentrado (baixas concentrações de volumoso), tradicionalmente, a dose de inclusão de volumosos em rações formuladas em confinamentos norte-americanos apresentam em média 8,3 a 9,0% na MS da ração total (verão e inverno, respectivamente), com intervalos variando entre 0 a 13,5%, e a silagem de milho e alfafa (na forma de feno ou ensilada) compreendem 72,41% da escolha dos nutricionistas como fonte de volumosos mais utilizados, sendo o caroço de algodão a terceira opção com apenas 6,9% da preferência. (VASCONCELOS; GALYEAN, 2007). A baixa dose de inclusão de volumosos nessas rações é justificada por Zinn e Ware (2007) em razão de que forragens não são competitivas economicamente quando comparada com grãos, sendo por esse

motivo considerados como ingredientes “funcionais” apenas.

No Brasil, a dose média de inclusão de volumoso nos confinamentos é de 21% na MS da ração total (OLIVEIRA; MILLEN, 2011), quantidade essa que é quase 3 vezes maior, comparada com rações típicas de confinamentos norte-americanos. As concentrações médias da fração FDN nas rações formuladas em confinamentos brasileiros são de 26,4% na MS da ração total (mínimo de 15% e máximo de 39%) (MILLEN et al., 2009) contrastando com formulações típicas norte-americanas que variam de 6 a 9% de FDN na MS da ração total (ZINN; WARE, 2007). Nos confinamentos brasileiros as principais fontes de volumoso nas dietas nacionais são a silagem de milho (27,3%), silagem de sorgo (24,2%), bagaço de cana *in natura* (BIN) (21,2%), cana-de-açúcar (15,2%) e silagem de capim (12,1%) (OLIVEIRA; MILLEN, 2011) demonstrando a grande diversidade de fontes de volumoso utilizadas, o que é contrastante com a realidade norte americana.

Comparando o levantamento realizado em 2008 por Millen et al. (2009) com nutricionistas e consultores de confinamento de todo o Brasil, com o levantamento realizado em 2010 (OLIVEIRA; MILLEN, 2011), no que se refere a preferência da utilização de fontes de volumosos, ficou constatado que houve um pequeno aumento na utilização de silagem de milho (25,8% vs. 27,3%, respectivamente), uma pequena queda para a silagem de sorgo (22,6% vs. 24,2%, respectivamente), aumento para a silagem de capim (6,5% vs. 12,1%, respectivamente), diminuição para cana-de-açúcar picada (32,3% vs. 15,2%, respectivamente) e um expressivo aumento na utilização do BIN (9,7% vs. 21,2%, respectivamente). Esse amplo aumento na preferência pelo uso do BIN nos confinamentos, pode ser reflexo da maior oferta desse produto no mercado a preços baixos em decorrência da expansão do setor sucroalcooleiro no Brasil. Segundo divulgação da Embrapa (2015), apenas na região Centro-Oeste, na última década houve um crescimento de 379% da área plantada de cana, região onde concentra o maior número de gado de corte confinado (INFORMA ECONOMICS FNP, 2014).

O BIN é um subproduto fibroso resultante da moagem da cana em usinas ou destilarias produtoras de álcool etílico ou açúcar. Em 2014 a produção total de bagaço de cana no Brasil foi de 180.713 milhões de toneladas (UNIÃO DOS PRODUTORES DE BIOENERGIA - UDOP, 2015). Segundo Burgi (1995) de cada tonelada de cana moída na indústria obtêm-se 700 litros de caldo de cana e 300 kg de bagaço (50% MS).

O BIN é um produto de baixo valor nutricional, rico em parede celular (FDN = 89,07%; FDA= 61,18%; lignina = 13,42%), de baixo conteúdo celular (CNF = 6,22%), baixa digestibilidade (DMS = 33,64%), baixa energia (NDT = 43,52%), baixa densidade (100-150 kg/m³), pobre em proteínas (1,82%) e minerais (4,10%) (VALADARES FILHO et al., 2006). Além do teor de FDN ser alto no BIN, este também é de baixa digestibilidade neste alimento. A fração FDN da cana-de-açúcar tem digestibilidade ao redor de 20% enquanto outras gramíneas tropicais, como o milho e o capim elefante, apresentam valores em torno de 40% (PEREIRA, 2012). Segundo esse autor, a correlação entre o percentual de FDN na cana e a degradabilidade ruminal da matéria seca foi alta e negativa em uma amostragem de 12 colmos de cana.

Teoricamente, duas forragens com teores de FDN e tamanhos médios de partículas similares deveriam ter a mesma efetividade física ou a mesma capacidade de estimular a mastigação. Contudo, a afirmativa acima nem sempre se aplica (DANIEL et al., 2008). Corrêa et al. (2003) não observaram diferenças significativas na atividade mastigatória de vacas holandesas alimentadas com dietas contendo o mesmo teor de FDN proveniente de cana-de-açúcar *in natura* picada finamente ou silagem de milho, ainda que, a cana apresentasse menor tamanho de partículas. Embora esse experimento não tenha sido delineado para determinação da efetividade da fibra da cana-de-açúcar, Daniel et al. (2008) o estimaram baseando-se no método descrito por Mooney e Allen (1997), e apoiado nos valores de maior taxa de mastigação (min/kg MS) observados para cana-de-açúcar *in natura* picada finamente, o fator de efetividade física da FDN da cana-de-açúcar *in natura* foi superior a 1, considerando a silagem de milho como volumoso com 100% de efetividade da FDN. Utilizando o teor de gordura do leite como variável resposta, o fator de efetividade da FDN da cana também foi superior a 1. O valor elevado de efetividade da fibra observado para cana-de-açúcar pode estar relacionado, a menor digestibilidade da fração FDN neste volumoso, conforme relatado por Andrade e Pereira (1999); Corrêa et al. (2003) e Pereira (2012).

Em uma outra simulação, Daniel et al. (2008) utilizando o mesmo método (MOONEY; ALLEN,1997), com os dados publicados por Andrade e Pereira (1999), onde os autores compararam o desempenho de novilhas holandesas alimentadas com dietas contendo o mesmo teor de FDN proveniente de cana-de-açúcar picada finamente ou de silagem de milho e evidenciaram que atividade mastigatória das

novilhas alimentadas com cana-de-açúcar foi superior à das novilhas alimentadas com silagem de milho indicando uma maior atividade física da fração FDN da cana-de-açúcar. Na presente simulação a efetividade física do FDN da cana-de-açúcar picada finamente foi maior que 1.

Goulart (2010) avaliou o efeito de diferentes fontes de fibra em rações contendo a mesma proporção da fração fibrosa oriunda de forrageira e não forrageira, destinadas ao arraçãoamento de bovinos de corte confinados sobre a IMS, comportamento ingestivo, efetividade de fontes de fibra, parâmetros ruminais, cinética de digestão e passagem da digesta. Todas as rações experimentais foram compostas por silagem de milho como ingrediente padrão, sendo: controle negativo (inclusão de 10% da fração FDN de silagem de milho) e controle positivo (inclusão de 20% da fração FDN de silagem de milho), os quatro tratamentos restantes continham a inclusão de 10% da fração FDN de silagem de milho em adição a inclusão de 10% da fração FDN de cada fonte de fibra a ser testada (cana-de-açúcar *in natura*, BIN, casca de soja e torta de algodão desengordurada).

Neste trabalho, para a realização dos cálculos do fator de efetividade física (FEF) foi utilizado o método de bioensaio (ARMENTANO; PEREIRA, 1997) e investigadas algumas variáveis envolvendo resposta animal (tempo de mastigação em minutos por quilo de MS consumida, o pH ruminal e a consistência do *mat* ruminal). Definindo a silagem de milho como alimento padrão (100% de efetividade) e utilizando o tempo de mastigação e os valores de pH ruminal e a medida de consistência do *mat* ruminal (WELCH, 1982) em cada período e em cada animal, o autor calculou o FEF. Para a variável mastigação, o BIN e a cana-de-açúcar apresentaram valores de efetividade física 150% e 20%, respectivamente maiores que a silagem de milho. Em relação a variável pH ruminal, o BIN e a cana-de-açúcar apresentaram valores de efetividade física 62% e 45%, respectivamente maiores que a silagem de milho. Já para as medidas de consistência do *mat* ruminal, o BIN e a cana-de-açúcar apresentaram valores de efetividade 35% e 50%, respectivamente maiores que a silagem de milho.

Ao substituir 10% da fração FDN de silagem de milho por BIN, Goulart (2010) constatou também depressão na IMS em comparação ao demais tratamentos contendo o mesmo teor da fração FDN na ração. O autor reportou que o BIN, mesmo incluído em pequenas quantidades na ração total é alimento bastante efetivo em suprir as exigências mínimas em fibra para bovinos, sendo essa

suposição confirmada pelo maior tempo de ruminação e mastigação em minutos por quilo de matéria seca ou em minutos por quilo de FDN quando comparado com os demais tratamentos, além de favorecer maior valor de pH ruminal. Tal comportamento está em concordância com o elevado valor de repleção ruminal apresentado no tratamento com BIN, como também, o menor valor de taxa de passagem no rúmen-retículo (2%/h).

Dessa forma, o BIN pode ser incluído em rações para ruminantes, especialmente para corrigir deficiências em fibras e prevenir distúrbios digestivos em animais alimentados com dietas com alto teor de concentrado. Segundo Bulle et al. (2002), o uso de pequena quantidade de BIN como fonte de fibra em dietas com alta proporção de concentrado para bovinos de corte, pode evitar problemas metabólicos, sem prejudicar o desempenho.

Apesar da grande quantidade de BIN produzida no Brasil, ainda são poucas as informações disponíveis com relação ao teor adequado deste resíduo como única fonte de FDNv em dietas com alto teor de concentrado para maximizar o desempenho de gado de corte em confinamento.

Leme et al. (2003) avaliaram o desempenho e características de carcaça de novilhos Nelore confinados, submetidos a dietas com alto teor de concentrado, contendo 15, 21 e 27% de matéria seca de BIN e constataram aumento linear na IMS e no rendimento de carcaça, conforme aumentaram as concentrações BIN nas dietas. No entanto, as concentrações de BIN não influenciaram o GPD e a eficiência alimentar.

Bulle et al. (2002) avaliaram o desempenho e Ribeiro et al. (2002) as características de carcaça de tourinhos $\frac{3}{4}$ Europeu $\frac{1}{4}$ Zebu, de raça paterna Britânica ou Continental, confinados e alimentados com dietas de alto teor de concentrado contendo BIN nas concentrações de 9, 15 e 21% da MS. Não houve efeito do tipo racial e nem interação entre tipos raciais e concentrações de BIN para as variáveis de desempenho analisadas. Os animais do tratamento 15% de BIN na MS apresentaram maior IMS e maior GPD (7,93 e 1,36 kg/dia, respectivamente) que os animais do tratamento 9% de BIN (6,85 e 1,20 kg/dia, respectivamente). Entretanto, as concentrações de BIN não influenciaram a eficiência alimentar, a composição física e as características qualitativas das carcaças dos tourinhos cruzados.

Carareto (2011) avaliou o efeito de quatro métodos de processamento do milho *flint* (laminação a seco, floculação, ensilagem de grão úmido e moagem) e duas inclusões de BIN (12 ou 20% na matéria seca da ração total). Não houve interação entre os processamentos do grão de milho e os níveis de BIN para nenhum parâmetro avaliado. A autora constatou que os tratamentos com 12% de BIN reduziram a IMS e aumentaram o GPD, a eficiência alimentar e o rendimento de carcaça dos tourinhos. Além de disso, os valores de energia da dieta foram maiores nos tratamentos com 12% de BIN. A digestibilidade total do amido não foi afetada pelas concentrações de BIN.

Galyean e Defoor (2003) compilaram dados de 11 experimentos publicados (um banco de dados de 48 tratamentos) com bovinos confinados, com o objetivo de avaliar o papel da FDNv nas variações de IMS, em virtude de diferentes fontes e níveis de volumosos na dieta. As concentrações de volumosos variaram de 0 a 30% da MS e os volumosos comparados foram feno de alfafa, silagem de milho, silagem de sorgo, silagem de capim sudão, casca de algodão e palha de trigo. Foram adotados os valores tabulares de efetividade de fibra do NRC (1996) para os volumosos testados. Nesse estudo os autores relataram que a inclusão de forragem entre 0 a 30% da MS da dieta, teve efeito positivo sobre a IMS dos animais. As concentrações de volumoso explicaram 69,9% ($R^2=0,699$) da variação na IMS, o teor de FDNv da dieta explicou 92% ($R^2=0,920$) da variação na IMS e o teor de FDNe explicou 93,1% ($R^2=0,931$) da variação na IMS. Os autores concluíram que a troca de volumoso na dieta baseada no teor de FDNv pode ser feito sem que ocorra grande alteração na IMS. A utilização de FDNe como ferramenta para balancear fibra na dieta de bovinos confinados recebendo dietas com alto teor de concentrado, não traz vantagem sobre o uso de FDNv no que diz respeito aos efeitos da fibra na IMS.

Posteriormente, Galyean e Abney (2006) utilizaram o mesmo banco de dados da revisão de Galyean e Defoor (2003) para avaliar a relação entre FDN total da dieta ou FDNv e IMS e a relação entre FDN total da dieta ou FDNv com a ingestão de energia líquida de ganho (ELg). De acordo com os dados obtidos, tanto a IMS quanto a Ingestão de ELg aumentaram linearmente com a inclusão de volumoso na dieta. O teor de FDN total da dieta explicou 93,7% ($R^2=0,937$) da variação na IMS e o teor de FDNv explicou 92,0% ($R^2=0,920$) dessa variação. Com base nesses valores, os autores concluíram que tanto o teor de FDN total quanto o teor de FDNv da dieta

proporcionam um meio prático para formular dietas de confinamento com diferentes fontes de volumosos para atingir IMS equivalentes.

Em contraste com os resultados relativos a IMS, Galyean e Abney (2006) relataram que o teor de FDN total da dieta explicou 79,7% ($R^2=0,797$) da variação na ingestão de ELg (Mcal/kg de $PC^{0,75}$) de bovinos de corte confinados, enquanto o teor de FDNv explicou apenas 58,3% ($R^2=0,583$) dessa variação. Como resultado dessas análises esses autores concluíram que, para a determinação de equivalência do volumoso para igualar a ingestão ELg, o FDN total de dieta seria mais eficaz do que o FDNv. Os autores também reportaram que, levando em consideração que as relações entre FDN total, FDNv e ingestão ELg são lineares, a adição de uma pequena percentagem de volumoso para dietas de confinamento de alto grão provavelmente aumentam a ingestão de ELg com pequeno efeito na eficiência alimentar.

Os resultados da revisão de Arelovich et al. (2008), também demonstraram que a ingestão ELg (kcal/kg de $PC^{0,75}$) está altamente relacionada com a concentração de FDN na dieta ($R^2=0,859$). No entanto, o FDN total da dieta ($R^2=0,001$) não explicou a variação na ingestão de ELg/unidade de IMS, dessa forma, baseando-se nesses resultados, pode-se inferir que IMS não está relacionada à ingestão ELg/unidade de IMS.

Segundo Pritchard (2006), é importante ter em mente que essa linearidade está dentro de uma faixa estreita de volumoso na dieta. Os dados utilizados são também de dietas com base em fontes de amido rapidamente fermentáveis no rúmen (milho floculado, milho ensilado úmido, trigo, etc.). O autor reporta ainda que, a relação entre o nível de volumoso e IMS é muito forte dentro de uma faixa pequena de volumosos utilizados em dietas de confinamento.

O BIN por exemplo, possivelmente é um volumoso que pode contrariar as respostas abordadas anteriormente por Galyean e Abney (2006). Afirmativa essa, que se baseia no alto fator de efetividade da fibra da cana-de-açúcar finamente picada (DANIEL et al., 2008) ou do BIN (GOULART, 2010). Adicionalmente a isso, ficou demonstrado que a inclusão de FDN de BIN causa redução na IMS em comparação com dietas com mesma concentração de FDNv de diferentes fontes (GOULART, 2010). Redução que possivelmente ocorre por efeito de repleção ruminal, refletindo em maior tempo de mastigação (min/dia) e maior valor de pH ruminal.

O mesmo comportamento foi observado por Henrique et al. (2007). Esses autores compararam os efeitos do fornecimento da silagem de milho ou BIN no

desempenho de tourinhos Santa Gertrudes durante 142 dias de confinamento alimentados com dietas contendo alto teor concentrado. Nesse trabalho as rações foram formuladas para conter a mesma proporção de FDNv (20 ou 12% de inclusão de silagem de milho e BIN, respectivamente). Maior IMS foi observado em rações contendo silagem de milho quando comparadas com rações contendo a inclusão de BIN. Estes resultados estão em concordância com os encontrados por Goulart (2010), evidenciando que a substituição de silagem de milho por BIN incluídas na mesma proporção da fração FDN promove depressão na IMS.

Theurer et al. (1999), também constataram o mesmo efeito quando avaliou diferentes fontes de fibra em rações para bovinos em terminação contendo feno de alfafa, caroço de algodão ou palha de trigo. Todas as três rações continham concentrações básicas de 6% de feno de alfafa e foram formuladas para suprir percentagens iguais de FDNv, sendo que cada ração recebeu inclusão adicional de 6% de feno de alfafa (tratamento ALF), 2,8% de caroço de algodão (tratamento CA) e 3,7% de palha de trigo (tratamento PT). Estes autores concluíram que animais recebendo os tratamentos CA e PT apresentaram maior IMS quando comparado com rações contendo apenas feno de alfafa, mesmo havendo concentrações semelhantes da fração FDNv na ração total.

Possivelmente, as variações na IMS e cinética ruminal são explicadas não somente por diferenças na composição química (celulose, hemicelulose, lignina) da fibra, mas também, por mudanças nas características físicas como o tamanho de partículas, a densidade e a capacidade de hidratação das mesmas, evidenciando que medidas químicas (fração FDN) isoladamente não são capazes de explicar tais variações quando substituições de fontes de fibra são realizadas (OWENS, 2008).

Efeitos da concentração de volumoso sobre a IMS são apenas uma perspectiva parcial e não necessariamente preveem resposta em ganho (PRITCHARD, 2006). Usando uma mistura de 1/3 de feno de alfafa 2/3 de silagem de milho, Gill et al. (1981) avaliaram a influência do processamento do milho (milho ensilado úmido ou milho floculado) e concentrações de volumoso sobre o desempenho de novilhos confinados. Os autores constataram que houve um aumento linear na IMS para os dois tipos de processamento em resposta ao acréscimo de volumoso, consistente com o abordado por Galyean e Abney (2006). No entanto, as respostas de GPD ajustado para carcaça e conversão alimentar divergiram. Quando os novilhos foram alimentados com milho

floculado, o GPD foi otimizado com 8% de volumoso, mas quando foi alimentado com milho com alta umidade o nível de volumoso ótimo foi de 16%.

Shain et al. (1999) avaliaram o efeito de rações com alto teor de concentrado e diferentes volumosos (palha de trigo ou feno de alfafa) balanceadas para fornecer a mesma concentração de FDN na ração total, para novilhos confinados. Os autores reportaram que a IMS entre as duas rações foi equivalente. No entanto o GPD e a eficiência alimentar e o peso de carcaça quente foram maiores para os tratamentos com feno de alfafa.

Kreikemeier et al. (1990) utilizou rações contendo trigo laminado a vapor com inclusões de 0; 5; 10; ou 15% de volumoso com base na MS da ração de novilhos de corte confinados e constataram que a IMS tendeu aumentar de forma linear com o aumento do teor de volumoso. O GPD, a conversão alimentar o peso de carcaça quente teve efeito quadrático. Houve tendência de efeito quadrático para os resultados ELM e a ELg das dietas. Da mesma forma, Parsons et al. (2007) incluindo 0; 4,5 ou 9% de forragem na MS da ração total e utilizando glúten úmido de milho e milho floculado, verificaram melhores ganhos de peso para novilhos alimentados com as maiores inclusões de forragem na dieta, havendo aumento linear para peso vivo final e IMS dos animais, assim como também para ELM e ELg das dietas com o aumento de volumoso.

MacDonald et al. (2011) utilizaram dietas a base de milho floculado e 25% de grãos de sorgo destilados, com inclusões de feno de alfafa (7,5; 10 ou 12,5% da MS da ração total) e concluíram que com o aumento da inclusão de feno de alfafa houve tendência de aumento linear na IMS e conversão alimentar e GPD com base no peso vivo. Entretanto, as concentrações de volumoso não afetaram o ganho de peso ajustado para carcaça, peso de carcaça quente, marmoreio e área de olho de lombo.

Por outro lado, Pritchard (2006) revisou trabalhos na literatura internacional sobre nível e fonte de volumoso e suas interações com métodos de processamento de grãos de cereais e o autor conclui que existem interações consistentes entre métodos de processamento de grãos e fontes e níveis de volumoso em dietas com alto teor de concentrado. No caso de grãos inteiros de milho, a resposta é pequena à inclusão de volumoso na dieta. Para milho floculado, as respostas ótimas ocorrem com nível de volumoso ao redor de 5% da MS, mas para milho ensilado úmido, níveis mais altos de volumoso são necessários para otimizar a resposta animal.

Trabalhos conduzidos no departamento de zootecnia da ESALQ parecem estar em conformidade com o constado por Pritchard (2006) em sua revisão.

Marques (2011) comparou dietas de tourinhos Nelore em terminação que incluíam BIN nas concentrações de 0; 3; 6% da MS e grãos de milho inteiro do tipo *flint*. O autor constatou que a inclusão de BIN na dieta, causou efeito quadrático sobre a IMS. O GPD, o peso corporal final e peso de carcaça quente aumentou linearmente com inclusões de BIN, assim como a digestibilidade total do amido e a ELM e ELG do amido. No entanto, as concentrações de BIN não afetaram a eficiência alimentar, as características de carcaça, ELM e ELG das dietas. Este resultado sugere que em dietas baseadas em grão de milho inteiro uma pequena quantidade de forragem é necessária para maximizar o desempenho

Caetano (2011) avaliou dois métodos de processamento (milho grão úmido ensilado - GU ou milho grão seco moído fino - MM) e quatro níveis de FDNv (3; 8; 13 ou 18% na MS da ração) utilizando silagem de cana-de-açúcar como volumoso sobre o desempenho de tourinhos Nelore. Houve efeito quadrático para peso corporal final, GPD e ingestão de energia metabolizável, sendo que o maior peso corporal final, maior GPD e maior ingestão de energia foram obtidos com inclusões de 13,3, 13,0% e 11,0% de FDNv, respectivamente. Também houve efeito quadrático para peso de carcaça, rendimento de carcaça e ganho de peso de carcaça (kg/dia). Houve interação entre processamento e FDNv para IMS, onde a ingestão máxima calculada por regressão foram de 11,3 e 13,7% de FDNv para animais alimentados com MM e GU respectivamente. A eficiência alimentar não foi afetada pelos teores de FDNv. Interação entre processamento e FDNv foi constatada para teor de amido fecal, com redução nos teores de amido fecal conforme se aumenta a concentração de FDNv na dieta.

De modo geral, a quase totalidade dos dados disponíveis na literatura sobre concentrações de forragem ou de FDNv em dietas de confinamento e métodos de processamento de grãos de cereais refere-se a estudos com animais taurinos alimentados com milho dentado. Havendo falta de informação quanto aos teores ótimos de volumoso ou de FDNv e fontes de volumoso e suas interações com métodos de processamento de grãos de milho *flint* para animais zebuínos.

Referências

- ALLEN, M. Relationship between fermentation acid production in the rumen and the requirement for physically effective fiber. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 80, p. 1447-1462, 1997.
- ANDRADE, M.A.F.; PEREIRA, M.N. Performance of Hostein heifers on fresh sugarcane as the only dietary forage. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 82, suppl. 1, p. 91, 1999.
- ARELOVICH, H.M.; ABNEY, C.S.; VIZCARRA, J.A.; GALYEAN, M.L. Effects of dietary neutral detergent fiber on intakes of dry matter and net energy by dairy and beef cattle: analysis of published data. **Professional Animal Scientist**, Champaign, v. 24, p. 375-383, 2008.
- ARMBRUSTER, S. Flaking grains and maintaining quality control to the feedbunk. In: SIMPÓSIO SOBRE BOVINOCULTURA DE CORTE, 7., 2012. São Pedro. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, [2012] 1 CD-ROM.
- ARMENTANO, L.; PEREIRA, M. Measuring the effectiveness of fiber by animal response trials. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 80, p. 1416-1425, 1997.
- BALDWIN, R.L. The proliferative actions of insulin, insulinlike growth factor-I, epidermal growth factor, butyrate and propionate on ruminal epithelial cells in vitro. **Small Ruminants Research**, Amsterdam, v. 32, p. 261–268, 1999.
- BRENT, B.E. Relationship of acidosis to other feedlot ailments. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 43, p. 930, 1976.
- BRINK, D.R., LOWRY, S.R., STOCK, R.A. Severity of liver abscesses and efficiency of feed utilization of feedlot cattle. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 68, p. 1201-1207, 1990.
- BULLE, M.L.M.; RIBEIRO, F.G.; LEME, P.R.; TITTO, E.A.L.; LANNA, D.P.D. Desempenho de tourinhos cruzados em dietas de alto teor de concentrado com bagaço de cana-de-açúcar como único volumoso. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 31, n. 1, p. 444-450, 2002. Suplemento.
- BURGI, R. Utilização de resíduos culturais e de beneficiamento de na alimentação de bovinos. In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE BOVINO, 6., 1995, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1995. p. 153-169.
- CAETANO, M. **Efeito do processamento do milho e dos teores de fibra no desempenho de bovinos Nelore em terminação**. 2011. 127 p. Tese (Doutorado em Ciência Animal e Pastagens) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2011.

CARARETO, R. **Fontes de nitrogênio, níveis de forragem e métodos de processamento de milho em rações para tourinhos da raça Nelore terminados em confinamento**. 2011. 106 p. Tese (Doutorado em Ciência Animal e Pastagens) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2011.

CONE, J.W.; WOLTERS, M.G.E. Some properties and degradability of isolated starch granules. **Starch/Starke**, Weinheim, v. 42, p. 298-301, 1990.

CORONA, L.; OWENS, F.N.; ZINN, R.A. Impact of corn vitreousness and processing on site and extent of digestion by feedlot cattle. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 84, n. 11, p. 3020-3031, 2006.

CORRÊA, C.E.S. **Silagem de milho ou cana-de-açúcar e o efeito da textura do grão de milho no desempenho de vacas holandesas**. 2001. 102 p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2001.

CORREA, C.E.S.; SHAVER, R.D.; PEREIRA, M.N.; LAUER, J.G.; KOHN, K. Relationship between corn vitreousness and ruminal in situ starch degradability. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 85, p. 3008–3012, 2002.

CORRIGAN, M.E.; ERICKSON, G.E.; KLOPFENSTEIN, T.J.; LUEBBE, M.K.; VANDER POL, K.J.; MEYER, N.F.; BUCKNER, C.D.; VANNESS, S.J.; HANFORD, K.J. Effect of corn processing method and corn wet distiller's grains inclusion level in finishing diets. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 87, p. 3351-3362, 2009.

COSTA, S.F.; PEREIRA, M.N.; MELO, L.Q.; Resende Júnior, J.C.; Chaves, M.L. Alterações morfológicas induzidas por butirato, propionato e lactato sobre a mucosa ruminal e a epiderme de bezerros. I. Aspectos histológicos. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 60, p. 1-9, 2008a.

COSTA, S.F.; PEREIRA, M.N.; MELO, L.Q.; CALIARI, M.V.; CHAVES, M.L. Alterações morfológicas induzidas por butirato, propionato e lactato sobre a mucosa ruminal e epiderme de bezerros. II. aspectos ultra estruturais. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 60, n. 1, p. 10-18, 2008b.

COTTA, M. Amylolytic of selected species of ruminal bacteria. **Applied and Environmental Microbiology**, Washington, v. 54, n. 3, p. 772-776, 1988.

DANIEL, J.L.P.; GOULART, R.S.; SANTOS, V.P.; SCHMIDT, P.; 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, 2008. p. 245-276.

DEFOOR, P.J., GALYEAN, M.L.; SALYER, G.B.; NUNNERY, G.A.; PARSONS, C.H. Effects of roughage source and concentration on intake and performance by finishing heifers. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 80, p.1395-1404, 2002.

FLINT, H.J.; FORSBERG, C.W. Polysaccharide degradation in the rumen: biochemistry and genetics. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON RUMINANT PHYSIOLOGY, 8., 1995, Stuttgart. **Ruminant physiology: digestion, metabolism, growth and reproduction, proceedings...** 1995. Stuttgart: Enke, 1995. p. 43-70.

GALFI, P.; GABEL, G.; MARTENS, H. Influences of extracellular matrix components on the growth and differentiation of ruminal epithelial cells in primary culture. **Research in Veterinary Science**, London, v. 54, p. 102-109, 1993.

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, 2006. p. 127–144.

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.; RIVERA, J.D. Nutritionally related disorders affecting feedlot cattle. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v. 83, p. 13-20, 2003.

GILL, D.R.; OWENS, F.H.; MARTIN, J.J., WILLIAMS, D.E.; ZINN, R.A.; HILLIER, R.J. Roughage levels in feedlot rations. **Oklahoma Agricultural Experiment Station**, Stillwater, v. 108, p. 141-146, 1981.

GORKA, P.; KOWALSKI, Z.M.; PIETRZAK, P.; KOTUNIA, A.; JAGUSIAK, W.; ZABIELSKI, R. Is rumen development in newborn calves affected by different liquid feeds and small intestine development? **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 94, p. 3002-3013, 2011.

GORKA, P.; KOWALSKI, Z.M.; PIETRZAK, P.; KOTUNIA, A.; KILJANCZYK, R.; FLAGA, J.; HOLST, J.J.; GUILLOTEAU, P.; ZABIELSKI, R. Effect of sodium butyrate supplementation in milk replacer and starter diet on rumen development in calves. **Journal of Physiology and Pharmacology**, Krakow, v. 60, suppl. 3, p. 47-53, 2009.

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.

GOUVÊA, V.N. **Processamento de grãos de milho flint e sua substituição por polpa cítrica em dietas para tourinhos Nelore terminados em confinamento**. 2012. 94 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2012.

HARMON, D.L. Dietary influences on carbohydrases and small intestinal starch hydrolysis capacity in ruminants. **Journal of Nutrition**, Oxford, v. 122, p. 203-210, 1992.

HARMON, D.L.; TAYLOR C.C. Factors influencing assimilation of dietary starch in beef and dairy cattle. In: SOUTHWEST NUTRITION CONFERENCE, 2005, Nebraska. **Proceedings...** Nebraska: University of Nebraska, 2005. p. 55–66.

HENRIQUE, W.; BELTRAME FILHO, J.A.; LEME, P.R.; LANNA, D.P.D.; ALLEONI, G.F.; COUTINHO FILHO, J.L.V.; SAMPAIO, A.A.M. Avaliação da silagem de grão de milho úmido com diferentes volumosos para tourinhos em terminação: desempenho e características de carcaça. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 36, n. 1, p. 183-190, 2007.

HOFFMAN, P.C.; SHAVER, R.D. Improving and evaluating starch digestibility for lactating dairy cows. In: FOUR-STATE NUTRITION AND MANAGEMENT CONFERENCE, 2011, Dubuque. **Proceedings...** Dubuque: Iowa State University, 2011. p. 32-39.

HUNTINGTON, G.B. Starch utilization by ruminants: from basics to the bunk. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 75, p. 852-867, 1997.

HUNTINGTON, G.B.; HARMON, D.L.; RICHARDS, J. Sites, rates, and limits of starch digestion and glucose metabolism in growing cattle. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 84, n. 13, p. E14-E24, 2006. Supplement.

INFORMA ECONOMICS FNP. **ANUALPEC 2014**: anuário da pecuária brasileira. São Paulo, 2014. p. 41.

KREIKERMEIER, K.K.; HARMON, D.L.; BRANDT Jr., R.T.; NAGARAJA, T.G., COCHRAN R.C. Steam-rolled wheat diets for finishing cattle: effects of dietary roughage and feed intake on finishing steer performance and ruminal metabolism **Journal of Animal Science**, Albany, v. 68, p. 2130-2141, 1990.

LABRUNE, H.J.; REINHARDT, C.D., DIKEMAN, M.E.; DROUILLARD, J.S. Effects of grain processing and dietary lipid source on performance, carcass characteristics, plasma fatty acids, and sensory properties of steaks from finishing cattle. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 86, p. 167–172, 2008.

LEIBOVICH, J.; VASCONCELOS, J.T.; GALYEAN, M.L. Effects of corn processing method in diets containing sorghum wet distillers grains plus solubles on performance and carcass characteristics of finishing beef cattle and on in vitro fermentation of diets. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 87, p. 2124, 2009.

LEME, P.R.; SILVA, S.L.; PEREIRA, A.S.C.; PUTRINO, S.M; LANNA, D.P.D.; NOGUEIRA FILHO, J.C.M. Utilização do bagaço de cana-de-açúcar e, dietas com elevada proporção de concentrados para novilhos Nelore em confinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 32, n. 6, p. 1786-1791, 2003.

LOERCH, S.C. Dietas a base de concentrados para gado de corte. In: SIMPÓSIO SOBRE PRODUÇÃO ANIMAL, 9., 1997, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1997. p. 135-160.

LOPES, J.C.; SHAVER, R.D.; HOFFMAN, P.C. Type of corn endosperm influences nutrient digestibility in lactating dairy cows. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 92, n. 9, p. 4541-4548, 2009.

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: 08 jan. 2015.

MACKEN, C.N.; ERICKSON, G.E.; KLOPFENSTEIN, T.J.; STOCK, R.A. Effects of concentration and composition of wet corn gluten feed in steam-flaked corn-based finishing diets. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 82, p. 2718-2723, 2004.

MARQUES, R.S. **Efeitos da variação dos níveis de forragem em dietas contendo grãos de milho inteiro e os benefícios da floculação na terminação de tourinhos Nelore**. 2011. 72 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal Pastagens) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2011.

MCALLISTER, T.A.; GIBB, D.J.; BEAUCHEMIN, K.A.; WANG, Y. Starch type, structure and ruminal digestion. In: CATTLE GRAIN PROCESSING SYMPOSIUM, 2006, Tulsa. **Proceedings...** Tulsa: Oklahoma State University, 2006. p. 30-41.

MCALLISTER, T.A.; HRISTOV, A.N.; BEAUCHEMIN, K.A.; RODE, L.M.; CHENG, K.J. Enzymes in ruminant diets. In: BEDFORD, M.R.; PARTRIDGE, G.G. (Ed.). **Enzymes in farm animal nutrition**. Wiltshire: CABI, 2001. p. 273-298.

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, 1992. p. 188-217.

_____. Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 80, n. 7, p. 1463-1481, 1997.

MILLEN, D.D.; PACHECO, R.D.L.; ARRIGONI, M.D.B.; GALYEAN, M.L., VASCONCELOS, J.T. A snapshot of management practices and nutritional recommendations used by feedlot nutritionists in Brazil. **Journal Animal Science**, Albany, v. 87, p. 3427-3439, 2009.

MOONEY, C.S.; 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.; LECHTENBERG, K.F. Acidosis in feedlot cattle. **Veterinary Clinics of Food Animals Practice**, Philadelphia, v. 23, p. 333-350, 2007.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of dairy cattle**. 6th ed. Washington: National Academic Press, 1989. 158 p.

_____. **Nutrient requirements of beef cattle.** 7th ed. Washington: National Academic Press, 1996. 242 p.

_____. **Nutrient requirements of beef cattle:** update 2000. Washington: National Academic Press, 2000. 248 p.

_____. **Nutrients requirements of dairy cattle.** 7th ed. Washington: National Academic Press, 2001. 408 p.

NGONYAMO-MAJEE, D.; SHAVER, R.D.; COORS, J.G.; SAPIENZA, D.; CORREA, C.E.S.; LAUER, J.G.; BERZAGHI, P. Relationships between kernel vitreousness and dry matter degradability for diverse corn germplasm. I. Development of near-infrared reflectance spectroscopy calibrations. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 142, n. 3/4, p. 247-258, 2008.

NOCEK, J.E.; TAMMINGA, S. Site of digestion of starch in the gastrointestinal tract of dairy cows and its effect on milk yield and composition **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 74, n. 10, p. 3598-3629, 1991.

NUSSIO, L.G.; CAMPOS, F.P.; LIMA, M.L.M. Metabolismo de carboidratos. In: BERTIELLI, T.T.; PIRES, A.V.; OLIVEIRA, S.G. **Nutrição de ruminantes.** Jaboticabal: FUNEP, 2006. p. 183-223.

OLIVEIRA, C.A.; MILLEN, D.D. Levantamento sobre as recomendações nutricionais e práticas de manejo adotadas por nutricionistas de bovinos confinados no Brasil: Informações gerais e adaptação. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 48., 2011, Belém. **Anais...** Belém: SBZ, 2011. 1 CD-ROM.

OWENS, F. Optimization of feedlot diets with high density of energy and nutrients. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE PRODUÇÃO DE GADO DE CORTE, 6., 2008, Viçosa. **Requisitos da qualidade na bovinocultura de corte:** anais... Viçosa: UFV, 2008. p. 95-120.

OWENS, F.N.; BASALAN, M. Gain and efficiency responses to various grain processing methods. In: SIMPÓSIO SOBRE BOVINOCULTURA DE CORTE, 7., 2012, São Pedro. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2012a. 1 CD-ROM.

_____. Limits to ruminal and post ruminal starch digestion and energetic efficiency. In: SIMPÓSIO SOBRE BOVINOCULTURA DE CORTE, 7., 2012, São Pedro. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2012b. 1 CD-ROM.

OWENS, F.N.; SODERLUND, S. Ruminal and post ruminal starch digestions by cattle. In: CATTLE GRAIN PROCESSING SYMPOSIUM, 2006, Tulsa. **Proceedings...** Tulsa: Oklahoma State University, 2006. p. 116-128.

OWENS, F.N.; ZINN, R.A.; KIM, Y.K. Limits to starch digestion in the ruminant small intestine. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 63, n. 5, p. 1634-1648, 1986.

OWENS, F.N.; SECRIST, D.S.; HILL, W.J.; 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.

_____. Acidosis in cattle: a review. **Journal Animal Science**, Albany, v. 76, p. 275-286, 1998.

PAES, M.C.D. **Aspectos físicos, químicos e tecnológicos do grão de milho**. Sete Lagoas: EMBRAPA, CNPMS, 2006. 6 p. (EMBRAPA. CNPMS. Circular Técnica,75),

PARISH, J. **Fiber in beef cattle diets**. Starkville: Mississippi State University Extension Service, 2007. Disponível em: <http://msucares.com/livestock/beef/mca_mar2007.pdf> Acesso em: 01 fev. 2015.

PARSONS, C.H.; VASCONCELOS, J.T.; SWINGLE, R.S.; DEFOOR, P.J.; NUNNERY, G.A.; SALYER, G.B.; GALYEAN, M.L. Effects of wet corn gluten feed and roughage levels on performance, carcass characteristics, and feeding behavior of feedlot cattle. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 85, p. 3079–3089, 2007.

PEREIRA, M.N. **Potencial da cana-de-açúcar para alto desempenho de bovinos**. Disponível em: <http://www.grupodoleite.com.br/site/arquivos/potencial_cana.pdf>. Acesso em: 08 jan. 2015.

PEREIRA, M.N.; VON PINHO, R.G.; BRUNO, R.G.S.; CALESTINE, G.A. Ruminal degradability of hard or soft texture corn grain at three maturity stages. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 61, p. 358-363, 2004.

PERES, S.M. **Processamento de grãos de milho do tipo flint ou duro e adequação proteica em rações para bovinos em terminação: desempenho animal e digestibilidade do amido**. 2011. 89 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2011.

PHILIPPEAU, C.; MICHALET-DOREAU, B. Influence of genotype and ensiling of corn grain on in situ degradation of starch in the rumen. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 81, p. 2178-2184, 1998.

PHILIPPEAU, C.; LANDRY, J.; MICHALET-DOREAU, B. Influence of the protein distribution of maize endosperm on ruminal starch digestibility. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, Chichester, v. 80, p. 404-440, 2000.

PITT, R.E.; VAN KESSEL, J.S.; FOX, D.G.; PELL, A.N.; BARRY, M.C.; VAN SOEST, P.J. Prediction of ruminal volatile fatty acids and pH within the Net Carbohydrate and Protein System. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 74, p. 226-244, 1996.

PRESTON, R.L. Management of high concentrate diets em feedlot. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE NUTRIÇÃO ANIMAL, 3, 1998, Campinas. **Anais...** Campinas: CBMA, 1998. p. 82-91.

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, 2006. p. 150-154.

RIBEIRO, F.G.; LEME, P.R.; BULLE, M.L.M.; LIMA, C.G.; SILVA, S.L.; PEREIRA, A.S.C.; LANNA, D.P.D. Características de carcaça e qualidade da carne de tourinhos alimentados com dietas de alta energia. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 31, p. 749-756, 2002.

ROONEY, L.W.; PFLUGFELDER, R.L. Factors affecting starch digestibility with special emphasis on sorghum and corn. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 63, n. 5, p.1607-1623, 1986.

RUSSEL, J.B.; O'CONNOR, J.D.; FOX, D.G.; VAN SOEST, P.J., SNIFFEN, C.J. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: I. Ruminant fermentation. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 70, p. 3551-3561, 1992.

RUSSELL, J.R.; YOUNG, A.W.; JORGENSEN, N.A. Effect of dietary corn starch intake on pancreatic amylase and intestinal maltase and pH in cattle. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 52, n. 5, p. 1177-1182, 1981.

SAKATA, T.; TAMATE, H. Rumen epithelial cell proliferation accelerated by rapid increase in intra ruminal butyrate. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 61, p. 1109-1113, 1978.

SAKATA, T.; HIKOSAKA, K.; SHIOMURA, Y.; TAMATE, H. Stimulatory effect of insulin on ruminal epithelium cell mitosis in adult sheep. **British Journal of Nutrition**, London, v. 44, p. 325, 1980.

SANDER, E.G.; WARNER, R.G.; HARRISON H.N.; LOOSLI, J.K. The stimulatory effect of sodium butyrate and sodium propionate on the development of rumen mucosae in the young calf. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 42, n. 9, p. 1600-1605, 1959.

SANTOS, F.A.P.; CARARETO, R.; MARQUES, R.S. Processamento de grãos para bovinos de corte. In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE BOVINOS, 9., 2011, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba, FEALQ, 2011. p. 403-432.

SHAIN, D.H.; STOCK, R.A.; KLOPFENSTEIN, T.J.; HEROLD, D.W. The effect of forage source and particle size on finishing yearling steer performance and ruminal metabolism. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 77, p. 1082-1092, 1999.

SITTA, C. **Aditivos (ionóforos, antibióticos não ionóforos e probióticos) em dietas com altos teores de concentrado para tourinhos da raça Nelore em terminação**. 2011. 87 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2011.

SNIFFEN, C.J.; O'CONNOR, J.D.; VAN SOEST, P.J.; FOX, D.G.; RUSSELL, J.B. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 70, n. 12, p. 3562-3577, 1992.

STEELE, M.A.; ALZAHAL, O.; HOOK, S.E.; CROOM, J.; McBRIDE, B.W. Ruminal acidosis and the rapid onset of ruminal parakeratosis in a mature dairy cow: case report. **Acta Veterinaria Scandinavica**, Kobenhavn, v. 51, n. 1, p. 39-45, 2009.

STOCK, R.; BRITTON, R. **Acidosis**. Lincoln: University of Nebraska, Institute of Agriculture and Natural Resources, 1991. Disponível em: <<http://digitalcommons.unl.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1197&context=extensionhist>>. Acesso em: 18 dez. 2014.

SVIHUS, B.; UHLEN, A.K.; HARSTAD, O.M. Effect of starch granule structure, associated components and processing on nutritive value of cereal starch: a review. **Animal Feed Science and Technology**, Philadelphia, v. 122, p. 303-320, 2005.

TAMATE, H.; MCGILLIARD, A.D.; JACOBSON, N.L.; GETTY, R. Effect of various dietaries on the anatomical development of the stomach in the calf. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 45, p. 408-420, 1962.

THEURER, C.B.; HUBER, J.T.; DELGADO ELORDUY, A.; WANDERLEY, R. Invited review: summary of steam flaking corn or sorghum grain for lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 82, p. 1950-1959, 1999.

UNIÃO DOS PRODUTORES DE BIOENERGIA. **Nota técnica DEA 24/14-Boletim de Conjuntura Energética – 1º Trimestre 2014**. 2015. 51 p. (Séries Estatísticas Energéticas). Disponível em: <http://www.udop.com.br/download/estatistica/biomassa/2014_balanco_bagaco_cana_uso_energetico.pdf>. Acesso em: 01 abr. 2015.

VALADARES FILHO, S.C.; MAGALHÃES, K.A.M.; ROCHA JUNIOR, V.R.; CAPELLE, E.R. Tabelas brasileiras de composição de alimentos para bovinos. In: VALADARES FILHO, S.C.; MAGALHÃES, K.A.M.; ROCHA JUNIOR, V.R.; CAPELLE, E.R. (Ed.). **Subprodutos**. 2. ed. Viçosa: UFV, DZO, 2006. p. 295.

VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2nd ed. Ithaca: Cornell University Press, 1994. 476 p.

VARGA, G.A.; KOLVER, E.S. Microbial and animal limitations to fiber digestion and utilization. **Journal of Nutrition**, Oxford, v. 127, p. 819S-823S, 1997.

VASCONCELOS, J.T.; GALYEAN, M.L. Nutritional recommendations of feedlot consulting nutritionists: the 2007 Texas Tech University survey. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 85, p. 2772-2781, 2007.

WELCH, J.G. Rumination, particle size and passage from the rumen. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 54, p. 885-894, 1982.

ZHAO, G.Y.; SUN, Y.B. Effects of volatile fatty acids on IGF-I, IGFBP-3, GH, insulin and glucagon in plasma, and IGFI and IGFBP-3 in different tissues of growing sheepnourished by total intragastric infusions. **Asian-Australasian Journal of Animal Science**, Seoul, v. 23, p. 366–371, 2010.

ZINN, R.A.; WARE, R.A. Forage quality: digestive limitations and their relationships to performance of beef and dairy cattle. In: ANNUAL SOUTHWEST NUTRITION AND MANAGEMENT CONFERENCE, 22., 2007, Tempe. **Proceedings...** Tempe: University of Arizona, 2007. p. 49.

ZINN, R.A.; OWENS, F.N.; WARE, R.A. Flaking corn: processing mechanics, quality standards, and impacts on energy availability and performance of feedlot cattle. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 80, p. 1145-1156, 2002.

3 MÉTODOS DE PROCESSAMENTO DE MILHO *FLINT* E CONCENTRAÇÕES DE FIBRA INSOLÚVEL EM DETERGENTE NEUTRO (FDN) DO BAGAÇO DE CANA NA DIETA DE BOVINOS EM TERMINAÇÃO: 1. DESEMPENHO, CARACTERÍSTICAS DE CARCAÇA E SAÚDE RUMINAL

Resumo

O objetivo deste estudo foi avaliar métodos de processamento de grãos de milho *flint* (moído com tamanho de partículas: 3,18 mm e milho floculado com densidade de 360 g/L) combinados com dietas contendo 4; 7; 10 ou 13% de FDN de volumoso (FDNv) (% MS), utilizando bagaço de cana *in natura* (BIN) como fonte de fibra sobre o desempenho, as características de carcaça, saúde ruminal, digestibilidade do amido no trato total e comportamento ingestivo de tourinhos da raça Nelore em terminados. Os 240 tourinhos (PC inicial=350±37,36 kg) foram alimentados com dietas contendo 76-86% de milho e alocados aleatoriamente em 32 baias em um arranjo fatorial 2 x 4. Os animais foram blocados com base no PC. Os dados foram analisados pelo PROC MIXED do SAS, considerando o bloco como efeito aleatório e método de processamento de grãos de milho, concentrações de FDNv e método de processamento de grãos de milho * concentrações de FDNv como efeito fixo. Não houve interação entre as concentrações de FDNv e métodos de processamento do milho para as variáveis de desempenho, características de carcaça, medidas morfológicas de papilas, energia das dietas, amido e comportamento ingestivo. Os animais alimentados com milho moído apresentaram maior ingestão de matéria seca (IMS) (kg/dia), maior IMS, menor ingestão de ELM e ELg, menor peso final (PF), menor ganho de peso médio diário (GPD), pior eficiência alimentar (EA), menor peso de carcaça quente e menor tempo de ruminação que os animais alimentados com milho floculado. As dietas com milho moído apresentaram maior quantidade de amido nas fezes, menores valores de ELM e ELg, menor digestibilidade do amido no trato total (DAT) e menor ELMilho e ELgMilho e proporcionaram maior número médio de papilas, maior, área de superfície absorptiva, maior representatividade das papilas na superfície absorptiva e maior largura de papilas que as rações com milho floculado. Não houve efeito do processamento sobre a incidência de rumenites. O aumento na concentração de FDNv nas dietas causaram efeito quadrático para IMS (kg/dia) e IMS (%PC), redução linear no rendimento de carcaça dos animais, redução linear na ELM e ELg das dietas e aumento linear no tempo de ruminação e mastigação total. Porém, não causaram efeito sobre a eficiência alimentar, a ingestão de ELM e ELg, o PF, o GPD, o amido fecal e a DAT dos animais. Houve interação entre as concentrações de FDN do BIN e métodos de processamento para a medida de largura de papilas. Os resultados indicam que a floculação foi superior à moagem do milho com granulometria de 3,18 mm para otimizar o desempenho dos tourinhos Nelore. Apesar do milho moído ter proporcionado melhores medidas de papilas ruminais, esse benefício parece não ter sido suficiente para promover melhores respostas dos animais. Os resultados indicam também que a floculação foi superior à moagem do milho para otimizar o desempenho dos tourinhos Nelore.

Palavras-chave: Confinamento; Milho floculado; Níveis de fibra

Abstract

The objective of this experiment was to evaluate processing methods of flint corn grain (ground corn, particle size: 3,18 mm and steam-flaked corn with bulk density of 360 g/L) combined with dietary contents of 4; 7; 10 or 13% roughage NDF (DM basis) using sugarcane bagasse as source of fiber on performance, carcass characteristics, ruminal health, total tract starch digestibility and feeding behavior of Nellore bulls finished in feedlot. Two hundred forty Nellore bulls (initial BW=350±37,36 kg) were fed diets containing 76 to 86% corn and were randomly allocated to 32 pens in a factorial arrangement of 2 × 4. Animals were blocked based on initial BW. There was no interaction between the BIN from NDF concentrations and corn processing methods for the performance variables, carcass characteristics, morphological measures of papillae, energy diets, starch and feeding behavior. Animals fed ground corn had higher dry matter intake (DMI) (kg / day), the largest IMS (% BW), lower intake of NEm and NEg, lower final weight (FW), lower average daily weight gain (ADG), worse feed efficiency (FE), hot carcass weight lower and shorter rumination than animals fed processed corn. Diets with ground corn had higher amount of starch in the stool, lower values of NEm and NEg, lower digestibility of the starch in the total tract (STT) and lower ELmMilho and ELgMilho and provided higher average number of buds, higher absorption surface area, the papillae on most representative and higher absorptive surface width papillae rations with steam flaked corn. There was no effect of processing on the incidence of rumenites. The increase in the concentration of NDF of BIN in the diets caused a quadratic effect for DMI (kg / day) and DMI (% BW), linear reduction in carcass yield, trend linear reduction in FE animals, linear reduction in NEm and NEg diets and linear increase in rumination time and total chewing. However, caused no effect on intake and NEm NEg, FW, ADG, fecal starch and STT. There was interaction between the NDF concentrations of BIN and processing methods for the buds wide measure. The results indicate that the flocculation was higher than the milling of corn with a particle size of 3,18 mm to optimize the performance of Nellore. Despite the ground corn have provided better measures of rumen papillae, this benefit appears to have not been sufficient to promote better responses of animals. The results indicate that the steam-flaked was higher than ground corn to optimize the performance of Nellore bulls.

Keywords: Feedlot; Steam-flaked corn; Levels of fiber

3.1 Introdução

O método de processamento afeta a digestibilidade do amido dos grãos de cereais, quer seja por moagem, laminação, ensilagem de grão com alta umidade ou floculação. Estes processos quebram as barreiras recalcitrantes, tais como a casca, pericarpo e a matriz proteica, permitindo o acesso dos microrganismos ao amido dentro das células do endosperma. Além disso, estes processamentos reduzem o tamanho de partícula do grão, aumentando a área de superfície disponível para a adesão microbiana e colonização, aumentando a taxa e a extensão da digestão do amido (McALLISTER et al., 2006).

Os métodos de processamento de grãos de cereais que têm se mostrado mais eficientes e ao mesmo tempo comercialmente viáveis são a floculação e a ensilagem dos grãos com alta umidade. Para o milho dentado utilizado na América do Norte, a floculação aumentou em torno de 12% a eficiência alimentar de bovinos confinados com rações contendo 85 a 91% de concentrado em comparação com laminação a seco (OWENS et al., 1997). Já para o milho *flint* a floculação aumentou a eficiência alimentar de tourinhos da raça Nelore recebendo dietas com alto teor de concentrado em torno de 26% (CARARETO, 2011; PERES, 2011). Essa diferença no aumento da eficiência alimentar dos animais observada entre o milho floculado utilizado na América do Norte e no Brasil, possivelmente ocorreu por causa da menor digestibilidade do amido nos cultivares de milho *flint* em relação aos cultivares dentados, refletindo em uma maior amplitude de melhoria na digestibilidade dos cultivares *flint*.

O fornecimento de dietas com teores altos em concentrado resulta normalmente em melhor eficiência alimentar dos animais e maior facilidade operacional no confinamento (SANTOS; CARARETO; MARQUES, 2011). De acordo com Oliveira e Millen (2011) o teor de concentrado nas dietas de confinamento utilizadas no Brasil vem crescendo nos últimos anos com valores médios ao redor de 79%. As principais fontes de volumoso nas dietas nacionais são a silagem de milho (27,3%), silagem de sorgo (24,2%), bagaço de cana *in natura* (BIN) (21,2%), cana-de-açúcar (15,2%) e silagem de capim (12,1%).

Rações com teores insuficientes de fibra podem resultar em acúmulo de ácidos graxos voláteis (AGV) e de lactato no rúmen-retículo e desencadear um quadro de acidose (OWENS et al., 1998). Este distúrbio metabólico tem efeitos negativos sobre o desempenho e a saúde dos animais, com efeitos deletérios sobre a Ingestão de matéria seca (IMS), sobre a degradação da fibra e síntese microbiana (GRANT; MERTENS, 1992), sobre a motilidade do rúmen-retículo (OWENS et al., 1998) e sobre as papilas ruminais (GAEBEL et al., 1989). Outros problemas como paraqueratose, rumenite, abscessos hepáticos também estão associados a acidose ruminal (NAGARAJA; LECHTENBERG, 2007).

Segundo Galyean e Abney (2006) tanto o teor de FDN total da dieta quanto o teor de FDN de volumoso (FDN_v) da dieta proporcionam um meio prático para formular dietas de confinamento com altos teores de concentrado com diferentes fontes de volumosos para atingir ingestão de matéria seca (IMS) equivalentes. Ainda

de acordo com esses autores, tanto a IMS quanto a Ingestão de ELg aumentaram linearmente com a inclusão de volumoso na dieta. No entanto, efeitos da concentração de volumoso sobre a IMS são apenas uma perspectiva parcial e não necessariamente preveem resposta em ganho (PRITCHARD, 2006).

Pritchard (2006) revisou trabalhos na literatura internacional e concluiu que existem interações consistentes entre métodos de processamento de grãos e fontes e concentrações de volumoso em dietas com alto teor de concentrado e cita que no caso de grãos inteiros de milho, a resposta é pequena à inclusão de volumoso na dieta. Para milho floculado, as respostas ótimas ocorrem com concentrações de volumoso ao redor de 5% da MS, mas para milho ensilado úmido, teores mais altos de forragem são necessários para otimizar a resposta animal.

Apesar da grande quantidade de BIN produzida no Brasil, ainda são poucas as informações disponíveis com relação ao teor adequado de FDN deste volumoso em dietas com alto teor de concentrado para maximizar o desempenho de gado de corte em confinamento.

A finalidade deste estudo foi avaliar o uso de rações contendo grãos de milho *flint* fornecido moído grosso ou floculado, diferentes concentrações de fibra insolúvel em detergente neutro do BIN e suas interações sobre o consumo, desempenho, características de carcaça, valor energético das rações, digestibilidade do amido no trato total, saúde ruminal e comportamento ingestivo de tourinhos Nelore terminados em confinamento.

3.2 Material e Métodos

O experimento foi aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais – CEUA-ESALQ/USP.

O experimento foi conduzido nas instalações de confinamento de bovinos de corte do Departamento de Zootecnia da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ/USP), localizada no município de Piracicaba/SP e teve início em 25 de setembro de 2012 e concluído em 19 de fevereiro de 2013. Foram utilizados 240 tourinhos da raça Nelore com peso inicial médio de $350 \pm 37,36$ kg, alojados em 32 baias, distribuídos da seguinte forma: 24 baias (32m², cobertas e com piso de concreto) com 6 animais por baia e 8 baias (84m², sem cobertura e com piso de terra) com 12 animais por baia.

Os animais oriundos de sistema de recria em pastagem foram submetidos a um período de adaptação de 21 dias às instalações e às dietas com altos teores de concentrado. Foi adotado o sistema de adaptação gradativo ou em escada, partindo-se de uma ração com 30% de bagaço de cana in natura (BIN) (equivalente a 25,8% de fibra em detergente neutro de volumoso (FDNv) nos primeiros 7 dias, passando para 20% de BIN (equivalente a 17,2% de FDNv) do 8º ao 14º dia e por fim, 15,1% de BIN (equivalente a 13,0% de FDNv) do 15º ao 21º dia de adaptação.

Foi adotado o delineamento em blocos completos aleatorizados, em arranjo fatorial 2 x 4, composto por 8 tratamentos e 4 repetições. Os animais foram distribuídos nos blocos de acordo com o peso corporal. Para todos os parâmetros analisados, a baia foi considerada como unidade experimental. A blocagem foi realizada após o último dia do período de adaptação dos animais, que foram pesados com jejum de sólidos 16 horas e jejum de líquidos de 12 horas. Foi então realizado sorteio dentro dos blocos para se definir qual tratamento cada baia iria receber. Neste dia os animais também foram vacinados contra clostridioses e receberam dose de vermífugo e de complexo vitamínico ADE.

Foram avaliados 4 concentrações de FDN do BIN (4,0; 7,0; 10,0 e 13,0% da MS) e 2 métodos de processamento de grãos (milho moído grosso ou milho floculado) nas dietas experimentais (Tabela 1).

As pesagens individuais dos animais foram realizadas após jejum alimentar (16 horas) e hídrico (12 horas) no início do período experimental e ao término do mesmo.

Durante o confinamento, os animais foram alimentados uma vez ao dia pela manhã (7 horas), utilizando vagão de mistura total equipado com balança eletrônica (precisão de 2 kg) e esteira. O consumo voluntário da dieta foi registrado diariamente, por meio da pesagem da quantidade de alimento oferecido e das sobras de alimento. A oferta de alimento foi regulada para manter no máximo 3% de sobras.

Os bebedouros foram inspecionados diariamente, drenados e lavados semanalmente e o piso das baias foi raspado a cada 10 dias com o auxílio de um trator provido de lâmina.

Tabela 1 - Ingredientes e composição química das dietas experimentais

Ingredientes ¹	Tratamentos							
	Concentrações de FDN de bagaço de cana in natura (% MS)							
	Milho Moído				Milho Floculado			
	4	7	10	13	4	7	10	13
BIN, %	4,70	8,10	11,6	15,1	4,70	8,10	11,6	15,1
Milho, %	86,7	83,2	79,6	76,0	86,7	83,2	79,6	76,0
Farelo de Soja, %	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
Min/Vit ² , %	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50
Uréia, %	1,15	1,25	1,30	1,40	1,15	1,25	1,30	1,40
PB ³ , %	13,0	13,1	13,0	13,0	12,2	12,3	12,3	12,4
PDR, % da PB	61,9	62,9	63,4	64,4	62,1	63,2	63,7	64,7
FDN ³ , %	18,0	21,0	23,0	26,0	13,0	16,0	18,0	21,0
NDT estimado ⁴ , %	80,0	79,0	77,0	75,0	84,0	82,0	80,0	79,0

¹ BIN = bagaço de cana *in natura*; Min/Vit = minerais e vitaminas; PB = proteína bruta; PDR = proteína degradável no rúmen; FDN = Fibra insolúvel em detergente neutro; NDT = Nutrientes digestíveis totais.

² Níveis de garantia por kg: Cálcio (mínimo) 210 g/kg, Cálcio (máximo) 260 g/kg, Fósforo (mínimo) 20 g/kg, Sódio (mínimo) 50 g/kg, Potássio (mínimo) 70 g/kg, Enxofre (mínimo) 20 g/kg, Magnésio (mínimo) 10 g/kg, Cobre (mínimo) 350 mg/kg, Zinco (mínimo) 1800 mg/kg, Manganês (mínimo) 1000 mg/kg, Selênio (mínimo) 12 mg/kg, Cobalto (mínimo) 35 mg/kg, Iodo (mínimo) 30 mg/kg, Flúor (máximo) 200 mg/kg, Vitamina A (mínimo) 160000 UI/kg, Vitamina D3 (mínimo) 12000 UI/kg, Vitamina E (mínimo) 1500 UI/kg, Monensina sódica (mínimo) 1100 mg/kg.

³ Valores de PB e FDN baseados na composição química dos ingredientes analisados

⁴ Estimado pelo NRC (1996) nível 1, com base no NDT dos ingredientes da ração (estimado utilizando a equação de Weiss; Conrad; St. Pierre (1992)).

O milho processado a seco foi moído em moinho de martelo com peneira de 9 mm, na fábrica de ração do departamento de Zootecnia da ESALQ. O milho floculado foi adquirido de confinamento comercial, tendo sido processado da seguinte forma: a) tempo de vapor entre 30 a 40 minutos; b) rolos ajustados para produzir flocos com densidade de 360 g/L. A medida de densidade dos flocos foi tomada imediatamente após a passagem pelos rolos, em recipiente graduado para volume de 1 L.

Amostras do milho moído e floculado foram colhidas semanalmente e compostas mensalmente, armazenadas a -20°C, para posterior determinação do tamanho médio de partícula (TMP) segundo metodologia descrita por Yu et al. (1998) (Tabela 2). Amostras do milho floculado também foram colhidas a cada 3 dias para determinação da matéria seca (MS) e aferir a quantidade dos ingredientes da ração.

Para determinação da vitreosidade dos grãos de milho, amostras do grão de milho íntegro utilizadas para moagem foram colhidas semanalmente e compostas mensalmente. As amostras de grão íntegro utilizados para floculação foram colhidas

no confinamento comercial sempre que um carregamento de milho foi floclado. Ambas as amostras foram armazenadas a -20°C, para posterior determinação da vitreosidade conforme metodologia descrita por Dombrink-Kurtzman e Bietz (1993) através de dessecação manual de 50 grãos inteiros para cada uma das formas de processamento (Tabela 2).

Tabela 2 – Vitreosidade (%), tamanho médio (mm) e distribuição do tamanho de partículas (%) dos milhos moído e floclado

Item	Grãos de milho	
	Moído	Floclado
Distribuição do tamanho de partículas	%	%
>6,0 mm	7,12	70,58
6,0-3,5 mm	28,66	16,11
3,5-2,0 mm	35,97	7,49
2,0-1,25 mm	15,66	2,59
<1,25 mm	12,61	3,22
Tamanho médio de partícula¹	3,18 mm	9,36 mm
Vitreosidade, %	70,80	67,87

¹ Determinado pela somatória dos produtos da multiplicação da porcentagem retida e do tamanho médio das partículas de cada peneira, que era obtido através da média do diâmetro dos furos da peneira em questão e do diâmetro dos furos da peneira acima. Adotou-se o tamanho de 0,625 mm para as partículas retidas no fundo (<1,25mm) e para as partículas retidas na peneira de 6 mm, as médias foram estimadas através das medidas de 20 partículas utilizando-se de paquímetro digital.

O bagaço de cana-de-açúcar utilizado no experimento foi adquirido da usina Granelli localizada no município de Charqueada/SP e foi entregue a cada 15-20 dias no local do experimento, depositado no chão e coberto com lona plástica sempre que havia possibilidade de chuva no local. Foram colhidas amostras de aproximadamente 300 gramas a cada 7 dias a fim de determinar o tamanho médio de partícula (TMP) (Tabela 3) e a cada 3 dias para determinação da matéria seca (MS) (12 horas em estufa a 105°C) e com isso aferir a quantidade dos ingredientes da ração.

O TMP do BIN foi calculado com base na metodologia da estratificação em peneiras conforme descrito pelo método *Penn State Particle Size Separator* (LAMMERS; BUCKMASTER; HEINRICH, 1996). O método consiste de duas peneiras, com diâmetros de 19 e 8 mm de porosidade e uma caixa de fundo. Para determinação mais precisa do TMP do BIN, o resíduo retido na caixa de fundo foi

transferido para um outro jogo de peneiras com malha de 3,5; 2 e 1,25 mm de diâmetros. Cada amostra foi estratificada por meio de agitações sistematizadas e o TMP foi determinado mediante cálculo ponderal da massa retida e do tamanho médio das partículas em cada peneira. Para isso, o comprimento médio das partículas retidas na peneira superior, foi determinado utilizando-se de paquímetro digital e adotou-se o tamanho de 0,625 mm para as partículas retidas no fundo (<1,25mm) (Tabela 3).

Tabela 3 - Tamanho médio e distribuição do tamanho de partículas do bagaço de cana *in natura* (BIN) nos meses de outubro de 2012 a fevereiro de 2013

Tamanho de partícula (BIN)	Meses					
	Out %	Nov %	Dez %	Jan %	Fev %	Média Geral (%)
>19,0 mm	4,71	4,48	4,51	5,37	5,92	5,00
19.0-8,0 mm	40,06	36,5	42,48	40,10	40,07	39,84
8.0-3,5 mm	10,05	12,34	13,49	15,20	13,37	12,89
3,5-1,25 mm	25,64	27,49	24,90	26,27	27,97	26,45
<1,25 mm	19,53	19,19	17,07	12,82	12,67	16,26
Tamanho médio de partícula¹	8,06mm	7,69mm	8,26mm	8,35mm	8,61mm	8,19mm

¹ O TMP foi calculado com base na metodologia descrita por Lammers; Buckmaster e Heinrinchs (1996). Adotou-se o tamanho de 0,625mm para as partículas retidas no fundo (<1,25mm).

Amostras dos ingredientes utilizados nas rações foram coletadas semanalmente no decorrer do experimento, para posteriores análises químicas. As amostras foram congeladas a temperatura de -20°C. Após o término do experimento o material foi descongelado e pré-secadas em estufa com ventilação forçada (55°C) por 72 horas, compostas, formando amostras homogêneas de cada ingrediente e moídas em moinhos tipo “Wiley” providos de peneiras de 1,0 mm e em seguida foram.

As análises químicas foram realizadas no laboratório de Bromatologia do Departamento de Zootecnia da ESALQ/USP. Para a determinação dos teores de MS dos ingredientes, estes foram colocados em estufa de circulação forçada a 105°C por 12 horas e a matéria mineral (MM) através da incineração das amostras em mufla a 550°C por 4 horas (ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC, 1990).

Os teores de fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e lignina foram determinados, de acordo com Van Soest, Robertson e Lewis (1991)

com auxílio do analisador de fibra modelo ANKON Fiber Analyzer (ANKON® Technology Corp.), conforme descrito por Holden (1999). Para a FDN foi adicionado sulfito de sódio e amilase termoestável e os valores obtidos foram corrigidos para cinzas após a incineração dos sacos. Na determinação de lignina foi utilizado ácido sulfúrico (H_2SO_4) a 72%. Os valores de nitrogênio total foram obtidos com base na combustão das amostras pelo analisador da marca LECO®, modelo FP-528 (Leco Corporation, St. Joseph, MI, USA) de acordo com Wiles, Gray e Kissling (1998), com temperatura para combustão de 835°C. O teor de proteína bruta (PB) foi obtido por meio da multiplicação do teor de nitrogênio total por 6,25. O extrato etéreo foi mensurado a partir da extração com éter de petróleo por um período de 5 horas conforme Association of Official Analytical Chemists - AOAC, (1990).

Após a ingestão de MS dos animais ter se estabilizado, foram tomadas medidas de comportamento animal (alimentação, ruminação e ócio) no 60^a dia de confinamento de 02 animais de cada baia, os quais foram escolhidos de forma aleatória. As observações visuais dos animais foram feitas a cada dez minutos, por observadores treinados, posicionados estrategicamente de forma a não incomodar os animais, totalizando 144 observações por animal no período de 24 horas nas atividades de alimentação, ruminação e ócio. Os tempos de mastigação total foram obtidos somando-se os tempos de ruminação e alimentação.

Foi realizada uma colheita de fezes dos animais experimentais (de no mínimo três animais de cada baia) após 70 dias de confinamento durante quatro dias (um bloco a cada dia), pela manhã (entre 6-7 horas), diretamente no piso de concreto imediatamente após a evacuação dos animais. Colheu-se da parte superior do bolo fecal, porção que não se encontrava em contato com a superfície do piso, aproximadamente 200 gramas de amostra de cada animal. Imediatamente após a colheita, essas amostras foram acondicionadas em sacos plásticos, identificadas e colocadas em uma caixa de isopor com gelo seco (-78°C), em seguida, levadas ao laboratório para congelamento a -20°C. Posteriormente essas amostras foram descongeladas e compostas formando uma única amostra homogênea por baia, da qual foi retirado uma subamostra (cerca de 300 gramas). As amostras foram secas em estufa a 55°C até atingirem peso constante e moídas em moinho de facas com peneiras de 1 mm e analisadas para determinação dos teores de matéria seca (MS) de acordo com Association of Official Analytical Chemists - AOAC, (1990) e amido conforme Bach Knudsen (1997).

A Digestibilidade do amido no trato total (DTA) foi estimada através da equação proposta por Zinn et al. (2007):

DTA, % = $99,9 - 0,413 \times AF - 0,0104 \times AF^2$, onde AF é o teor de amido nas fezes.

Os valores energéticos dos grãos de milho processados pelos diferentes métodos foram estimados de acordo com as equações propostas por Zinn; Owens e Ware (2002):

$$(1) \text{ELmMilho} = 2,49 - 0,0127 \times AF - 0,000292 \times AF^2$$

$$(2) \text{ELgMilho} = 0,877 \times \text{ELmMilho} - 0,41$$

Em que,

ELmMilho = energia líquida para manutenção do milho (Mcal/dia)

ELgMilho = energia líquida para ganho do milho (Mcal/dia)

AF = amido fecal (% da MS).

Com base nos dados de peso corporal médio, ingestão de matéria seca (IMS) e ganho de peso médio diário (GPD) dos animais, foram calculados os valores de energia líquida das rações. Para tal, foram utilizadas as fórmulas a seguir, segundo a metodologia proposta por Zinn e Shen (1998).

Foram calculadas as exigências de ganho (Eg) e de manutenção (Em) dos animais por meio das fórmulas 1 e 2, respectivamente. Calculadas as exigências energéticas relacionadas aos ganhos de peso corporal (PC) (kg/dia) e aos pesos metabólicos (kg) dos animais, foram então calculados os valores de energia líquida das rações (Mcal/kg de MS) para manutenção (ELm) e ganho (ELg) (ZINN; SHEN, 1998) através das formulas 3 e 4.

$$(1) E_g = [0,0493 \text{ PC}^{0,75}] \text{ GPD}^{1,097}; (\text{NRC}, 1984)$$

$$(2) E_m = 0,077 \text{ PC}^{0,75}; (\text{LOFGREEN}; \text{GARRETT}, 1968; \text{citados por ZINN}; \text{SHEN}, 1998)$$

$$(3) \text{EL}_m = (-b - ((b^2) - (4ac))^{0,5}) / (2a); (\text{ZINN}; \text{SHEN}, 1998)$$

Em que,

$$a = -0,877 \text{ IMS}$$

$$b = 0,877 E_m + 0,41 \text{ IMS} + E_g$$

$$c = -0,41 E_m$$

$$(4) \quad EL_g = 0,877 EL_m - 0,41; \text{ (ZINN; SHEN, 1998)}$$

Onde,

E_g = exigência em energia para ganho (Mcal/dia)

E_m = exigência em energia para manutenção (Mcal/dia)

EL_m = energia líquida de manutenção (Mcal/kg de MS)

EL_g = energia líquida de ganho (Mcal/kg de MS)

Os valores de energia das dietas assim obtidos foram confrontados com os valores esperados. Os valores esperados de energia das dietas foram estimados utilizando as equações do NRC (1996) nível 1 com adição de ionóforo. Os valores de NDT dos ingredientes foram estimados utilizando a equação de Weiss; Conrad; St. Pierre (1992) com base nos resultados de suas análises bromatológicas. Foram adotados os fatores de ajuste de processamento dos carboidratos não fibrosos (CNF) de 0,95 para o milho moído grosso e 1,04 para o milho floculado e o farelo de soja (NRC, 2001).

Em virtude da variação de peso entre os blocos experimentais optou-se por fazer o abate escalonado dos animais. Foram abatidos os animais dos blocos 1 e 2 (96 animais) após 95 dias de período experimental em virtude de já terem atingido peso adequado para abate, ao redor de 510 kg e os animais dos blocos 3 e 4 (144 animais) foram abatidos após 123 dias de período experimental com peso médio de 483 kg.

O peso da carcaça quente foi obtido no final da linha de abate, antes da entrada para a câmara de resfriamento, onde estas foram identificadas e pesadas.

Os rendimentos percentuais de carcaça quente foram calculados segundo formula:

$$RCQ (\%) = \frac{PCQ}{PVA} \times 100$$

Onde,

RCQ = rendimento de carcaça quente;

PCQ = peso da carcaça quente;

PVA = peso vivo de abate.

Na meia carcaça esquerda foi realizado corte transversal entre a 12ª e 13ª costelas para exposição do músculo *Longissimus dorsi* (MLD). A espessura de gordura subcutânea e a área de olho de lombo (AOL) foram determinadas segundo Luchiari Filho (2000).

Também foram determinadas a incidência de abscessos hepáticos (análise visual) (BRINK et al., 1990) e a incidência de rumenites. Para tanto, todos os animais do experimento, logo após o abate, tiveram seus rúmens lavados e então analisados. O epitélio ruminal foi classificado conforme a incidência de lesões (rumenites e paraqueratose) e outras anormalidades no mesmo, numa escala de 0 à 10, seguindo a metodologia descrita por Bigham e Mcmanus (1975) (Figura 1).

Figura 1 – Aspecto do rúmen com incidência de lesões (rumenites e paraqueratose)

Para as análises de morfometria e histologia das papilas do rúmen, dois animais de cada baia foram escolhidos aleatoriamente. Um fragmento de aproximadamente 1 cm² foi colhido da região do saco cranial do rúmen. Essas amostras foram imediatamente colocadas em frascos contendo solução de tampão fosfato (PBS = 0,79 g de NaCl; 0,223 g de Na₂HPO₄; 0,0524 g de NaH₂PO₄; em 100 mL de H₂O) a 0,1 M e pH 7,4. As amostras foram mantidas por até três dias refrigerados para a realização das mensurações morfológicas macroscópicas da parede ruminal.

As análises de morfometria e histologia foram realizadas no Laboratório de Morfologia e Histologia da UNESP campus de Dracena. As variáveis morfométricas macroscópicas avaliadas foram: número médio de papilas por cm² de parede (NMP), área média das papilas (AMP), área total de superfície absorptiva por cm² de parede (ASA) (Figura 2) e participação das papilas ruminais na área total de superfície

absortiva (RPSA). O NMP em todo fragmento foi mensurado por três avaliadores e o dado final foi o valor médio das três contagens. A AMP foi mensurada por meio de imagens digitalizadas das papilas por meio do programa de análise de imagens UTHSCSA Image Tool (RESENDE JÚNIOR et al., 2006) (Figura 2).

Em cada fragmento foram analisadas a área média de doze papilas seccionadas aleatoriamente da base (Figura 2). O dado final para AMP foi a média das doze papilas*2. A ASA foi calculada pela seguinte fórmula: $1 + (NMP \cdot AMP) - (NMP \cdot 0,002)$, onde o número 1 representa o fragmento de 1 cm² coletado, e o 0,002 é a área basal estimada de cada papila ruminal (DANIEL et al., 2006). Por fim, a RPSA foi calculada: $(NMP \cdot AMP / ASA) \cdot 100$.

Figura 2 – Imagem digitalizada da base do epitélio ruminal e das papilas por meio do programa de análise de imagens UTHSCSA Image Tool

Para avaliação histológica das papilas, foram colhidos fragmentos de parede no recesso do saco ventral do rúmen. Essas amostras foram fixadas em paraformaldeído (LILLIE; FULLMER, 1976). Após o período de fixação, as amostras foram removidas do fixador por uma série crescente de alcoóis.

Para a inclusão do material, foram montadas as travas e preenchido de parafina (Histosec ® III). Terminada essa inclusão e passado o período de secagem total dos blocos fabricados, foram feitos cortes desse material, no micrótomo, em secções de 5 µm e caracterizados como cortes definitivos.

A coloração das lâminas contendo os cortes foi efetuada com a inclusão destas em sequência crescente de xilol, corantes e álcoois, para a finalização da confecção das lâminas e posterior análise.

Foi utilizado o analisador de imagens Leica Qwin, contido no microscópio eletrônico de luz Leica, para obtenção de imagens de cada corte, captadas por uma microcâmara para posterior digitalização e mensurações histológicas, sendo elas, altura, largura, área das papilas e espessura do epitélio queratinizado das papilas ruminais (Figura 3), escolhendo aleatoriamente quatro papilas por animal, sendo o valor final, a média destas.

Figura 3 - Cortes histológicos longitudinais de mucosa ruminal da região do recesso do saco ventral do rúmen. (A) Exemplificando a metodologia utilizada para aferição da área papilar; (B) Exemplificando a metodologia utilizada para aferição da largura papilar; (C) Exemplificando a metodologia utilizada para aferição da altura papilar; (D) Exemplificando a metodologia utilizada para aferição da espessura do epitélio queratinizado. Método HE. 5x

A altura papilar (em μm) foi definida como sendo uma linha reta traçada desde a base ao ápice da papila (Figura 3C). Para a aferição da largura das papilas, foram traçadas retas em quatro lugares distintos, para que a média fosse considerada (Figura 3B). Da mesma forma, para se obter a espessura do epitélio queratinizado, foram traçadas retas delimitando tal camada em quatro posições distintas, para que a média fosse estabelecida (Figura 3D). Para determinar a área das papilas, foram delimitadas a área de quatro papilas a fim de se obter a média desta variável (Figura 3A).

Os dados foram testados antes da análise geral final, na intenção de assegurar que todas as premissas da análise de variância fossem respeitadas. Os dados foram analisados utilizando o PROC MIXED do pacote estatístico do SAS (SAS, 2002). A baía foi tida como unidade experimental. O modelo incluiu como efeitos fixos o processamento do milho, as concentrações de FDNv e a interação processamento * concentrações de FDNv. Como efeito aleatório o modelo considerou o bloco e as datas de abate. As médias foram geradas pelo LSMEANS e contrastes ortogonais (linear e quadrático) foram testados para avaliar o efeito de concentrações de FDNv.

3.3 Resultados e Discussão

Na tabela 4 são exibidos os valores de composição química dos ingredientes das rações experimentais.

O teor de PB do milho floculado foi inferior ao do milho moído e ao valor tabular do NRC (1996).

Tabela 4 - Composição Química dos ingredientes das dietas experimentais

Item ¹	Ingredientes			
	Milho moído	Milho floculado	Farelo de soja	BIN ²
MS, %	89,18	86,15	88,17	49,61
PB, % MS	8,43	7,52	47,19	2,29
EE, % MS	5,29	3,15	1,50	0,43
Cinzas, % MS	1,54	1,05	5,98	5,01
FDN, % MS	14,70	8,69	28,12	85,93
FDA, % MS	3,64	2,51	10,01	58,22
Lignina, % MS	0,38	0,62	0,51	12,19
Amido, % MS	71,20	70,39	-	-
NDT³	86,29	90,54	76,57	39,45

¹ MS = Matéria seca; PB = Proteína bruta; EE = Extrato etéreo; FDN = Fibra insolúvel em detergente neutro; FDA = Fibra insolúvel em detergente ácido; NDT=Nutrientes digestíveis totais.

² BIN = Bagaço de cana *in natura*.

³ Estimado pela equação de Weiss; Conrad; St. Pierre (1992). Foram adotados os fatores de ajuste de processamento dos carboidratos não fibrosos (CNF) de 0,95 para o milho moído grosso e 1,04 para o milho floculado e o farelo de soja (NRC, 2001).

Preston e Matulka (1994) observaram que, quando a densidade do sorgo floculado foi diminuída de 528 para 193 g/L, a concentração de PB diminuiu. Da mesma forma, a concentração da PB foi menor quando o sorgo foi floculado do que quando era laminado a seco (DEFOOR et al., 2000), indicando que a PB pode ser perdida durante o processo de floculação. Drager et al. (2002) concluíram que a alteração da densidade dos grãos de milho a partir de 592 g/L (laminagem a seco) para 360 e 283 g/L (floculado) diminuiu o teor de PB de 9,1 para 8,5 e para 8,1%, respectivamente. As razões para a aparente perda de PB com o processo de floculação não são claras, mas Defoor et al. (2000) sugeriram que a perda de porções do gérmen de grãos e a remoção do revestimento da semente durante a floculação pode reduzir a concentração de PB. Preston (1998) sugeriu que a estrutura da proteína do sorgo é alterada pelo vapor e, conseqüentemente, a proteína solúvel é reduzida.

Por outro lado, Hales et al. 2010 sugeriram que a PB não é perdida durante o processo de floculação. Os autores reportaram que talvez a aparente perda de nutrientes reportados em estudos anteriores possa estar relacionada à representatividade da amostragem. Os autores expuseram que a distribuição do tamanho de partícula que resulta da floculação do milho pode ser responsável pela

diferença na composição química observada entre o milho floculado e grãos de milho não processados.

Para comprovar essa hipótese, Hales et al. (2010) realizaram um estudo onde o milho floculado processado para densidades de massa (283, 335 e 386 g/L), foram secos e peneirados para determinar as proporções de amido total, PB, FDN, fosforo, extrato etéreo (EE), e cinzas em frações de tamanho de partícula variando entre >8.000 e <600 μm . Os autores concluíram que as concentrações de nutrientes, exceto o amido, não são propensas a mudar significativamente com as alterações da densidade em grão de milho floculado. No entanto, alguns nutrientes acumulam nas partículas finas criadas durante o processo de floculação, e a proporção de partículas finas aumenta com a diminuição da densidade do milho floculado. Assim, com o aumento do grau de processamento, há um aumento da probabilidade de observar alterações nas concentrações de nutrientes se as partículas menores não são representativamente amostradas.

No presente estudo a amostragem do milho floculado foi realizada semanalmente, e cada partida recebida do confinamento comercial durava em média 15 dias. Partículas finas do milho floculado podem ter se separado dos flocos afetando a integridade da amostra obtida.

Não houve interação ($P>0,05$) entre as concentrações de FDN de volumoso (FDNv) e métodos de processamento (Tabela 5) para os parâmetros de ingestão de matéria seca (IMS) e desempenho animal. Os animais alimentados com milho floculado apresentaram menor IMS ($P<0,01$) (9,32 vs. 8,58 kg/dia de MS), menor ($P<0,01$) IMS (%PC) (2,19% vs. 1,98%), maior ($P<0,01$) peso corporal final (PF) (487,30 vs. 503,63 kg), maior ($P<0,01$) ganho de peso médio diário (GPD) (1,23 vs. 1,37 kg/dia) e melhor ($P<0,01$) eficiência alimentar (0,132 vs. 0,160) que aqueles alimentados com milho moído (Tabela 5).

Tabela 5 – Ingestão de matéria seca (IMS) e de desempenho de tourinhos Nelore terminados em confinamento alimentados com rações contendo milho moído grosso ou floculado e submetidos a diferentes concentrações da fibra em detergente neutro (FDN) de bagaço de cana *in natura* (BIN)

Variáveis ¹	Tratamentos													
	Concentrações de FDN de bagaço de cana <i>in natura</i> (%MS)													
	Milho Moído				Milho Floculado				EPM ²	Valor de P ³				
	4	7	10	13	4	7	10	13		P ⁴	FDNv ⁴	L ⁴	Q ⁴	P*FDNv ⁴
PI, kg	350,83	350,67	351,00	350,80	350,73	350,93	350,90	350,73	19,4	0,87	0,71	-	-	0,63
PF, kg	479,43	492,73	488,17	488,87	501,80	507,66	497,97	507,07	13,1	<0,01	0,11	-	-	0,59
IMS, kg	8,73	9,59	9,36	9,58	8,02	8,68	8,69	8,91	0,25	<0,01	<0,01	-	0,04	0,88
IMS (% PC)	2,07	2,23	2,20	2,25	1,85	1,99	2,02	2,04	0,03	<0,01	<0,01	-	0,03	0,87
GPD, kg	1,15	1,29	1,23	1,23	1,35	1,40	1,32	1,42	0,03	<0,01	0,13	-	-	0,53
GPD/IMS	0,132	0,135	0,131	0,129	0,168	0,161	0,152	0,159	0,005	<0,01	0,12	-	-	0,29

¹ PI = Peso corporal inicial; PF = Peso corporal final; IMS = Ingestão de matéria seca; GPD = Ganho de peso médio diário.

² EPM = Erro padrão da média.

³ Probabilidades de resposta para os tratamentos; P ≤ 0,05 = Significativa.

⁴ P = Efeito do tipo de processamento; FDNv = Efeito das concentrações do FDN oriundo do BIN; L = Efeito linear de FDNv; Q = Efeito quadrático de FDNv; P*FDNv = interação.

A floculação do milho reduziu em 7,94% a IMS (kg/dia) e proporcionou incrementos de 11,38% no GPD, 3,35% no PF e 21,21% na eficiência alimentar, em comparação com a moagem do milho. Essa redução da IMS e incrementos no GPD e eficiência alimentar estão em concordância com o descrito na literatura (OWENS et al., 1997; MACKEN et al., 2004; LEIBOVICH et al., 2009; CORRIGAN et al., 2009; CARARETO, 2011; PERES, 2011; ZINN et al., 2011).

Entretanto, os incrementos na eficiência alimentar e GPD constatados no atual estudo são mais que o dobro do valor médio de 12% para eficiência alimentar relatado por Owens et al. (1997) e quase o dobro do valor médio de 6,3% para GPD relatado por Zinn et al. (2011) com milho dentado nos Estados Unidos comparando os mesmos métodos de processamento. Essa diferença no aumento da eficiência alimentar e GPD dos animais observada entre o milho floculado utilizado na América do Norte e no Brasil, possivelmente ocorreu por causa da menor digestibilidade do amido nos cultivares de milho *flint* em relação aos cultivares dentados, refletindo em uma maior amplitude de melhoria na digestibilidade dos cultivares *flint*. A melhora no desempenho proporcionada pela floculação ocorre em função do acréscimo na digestibilidade ruminal, pós-ruminal (OWENS; SODERLUND, 2006) e no trato total (Tabela 8) do amido e consequentemente na disponibilidade de energia (Tabela 7).

O aumento na concentração de FDNv (4; 7; 10 e 13%) das dietas causou efeito quadrático ($P < 0,05$) para IMS (kg/dia) (8,37; 9,13; 9,02 e 9,25, respectivamente), para IMS (%PC) (1,96; 2,11; 2,11 e 2,14, respectivamente) dos animais (Figura 4). Não houve efeito ($P > 0,05$) da concentração de FDNv sobre a eficiência alimentar (0,150; 0,148; 0,142 e 0,144, respectivamente), o peso final (490,62; 500,20; 493,07 e 497,97kg, respectivamente) e GPD (1,25; 1,35; 1,28 e 1,33 kg/dia, respectivamente) (Tabela 5).

A IMS máxima estimada por regressão em kg/dia e em %PC foram com 11,28 e 11,35% de FDNv, respectivamente (Figura 4). Esses resultados são semelhantes ao encontrado por Caetano (2011), onde a IMS máxima calculada por regressão foi com 11,30% de FDN de silagem de cana-de-açúcar em dietas com alto teor milho moído fino.

No entanto, Galyean e Defoor (2003) e Galyean e Abney (2006) revisaram trabalhos na literatura com bovinos confinados, onde a concentração de volumosos variaram de 0 a 30% da matéria seca (MS) total, em que, um dos objetivos foi avaliar o papel da FDNv nas variações de IMS, em virtude de diferentes fontes e níveis de

volumosos na dieta. Os resultados demonstraram que a IMS aumenta linearmente com a inclusão de volumoso na dieta independentemente da fonte. Esse padrão de comportamento é bem descrito na literatura (GILL et al., 1981; KREIKEMEIER et al., 1990, LEME et al., 2003; PARSONS et al., 2007; MACDONALD et al., 2011).

Figura 4 - (A) Efeito das concentrações de FDN do bagaço de cana *in natura* (BIN) sobre a ingestão de matéria seca (IMS) (kg/dia) de touros nelore recebendo dietas ricas em milho; (B) Efeito das concentrações de FDN do BIN sobre a IMS (% do peso corporal) de touros nelore recebendo dietas ricas em milho

A relação entre concentração de volumoso e IMS é muito forte dentro de uma faixa pequena de volumosos utilizados em dietas de confinamento (PRITCHARD, 2006). No presente estudo, o comportamento da inclusão de FDNv afetou a IMS de

forma quadrática enquanto Galyean e Defoor (2003) e Galyean e Abney (2006) relataram efeito linear. Tem sido demonstrado que a inclusão de FDN de BIN causa redução na IMS em comparação com dietas com a mesma concentração de FDNv de diferentes fontes (silagem de milho, cana-de-açúcar *in natura*, casca de soja e torta de algodão desengordurada) (HENRIQUE et al., 2007; GOULART, 2010). Isso pode ser explicado, provavelmente pelo alto fator de efetividade da fibra do BIN (GOULART, 2010).

O efeito quadrático aqui constatado para IMS em kg/dia e em %PC (Figura 4) permite inferir que até o ponto de inflexão da curva (11,28 e 11,35% de FDNv, respectivamente) a ingestão foi controlada pelo efeito químico ou fisiológico (saciedade energética) e partir daí, a ingestão foi controlada pelo efeito físico (enchimento do rúmen) devido a repleção ruminal causada pelas concentrações de FDN do BIN, resultando em maior tempo gasto com a atividade de ruminação e mastigação (Tabela 9) e possivelmente menor taxa de passagem da digesta.

Segundo Pritchard (2006), os efeitos da concentração de volumoso sobre a IMS são apenas uma perspectiva parcial e não necessariamente preveem resposta em ganho. Essa afirmação pode ser comprovada pelos trabalhos de Kreikemeier et al. (1990), MacDonald et al. (2011) e Caetano (2011). Esses autores trabalharam com dietas com alto teor de concentrado e diferentes teores de FDNv (0 a 18%). Kreikemeier et al. (1990) constataram tendência de aumento linear na IMS e efeito quadrático para GPD e conversão alimentar. MacDonald et al. (2011) também evidenciaram tendência de aumento linear na IMS, mas o ganho de peso ajustado para carcaça não foi afetado pelos teores de FDNv. Caetano (2011) constatou efeito quadrático sobre a IMS, ingestão de energia metabolizável e GPD dos animais.

No presente estudo o aumento na IMS com teores crescentes de FDNv na dieta não aumentou ($P>0,05$) a ingestão de ELg dos animais (Tabela 7), fato este que explica a ausência de efeito das concentrações de FDNv sobre o GPD e PF dos animais. No trabalho de Carareto (2011), independentemente do método de processamento do milho (laminado a seco, moído fino, floculado ou ensilado) tourinhos da raça Nelore apresentaram maior IMS quando alimentados com dietas com 17,6% de FDN de BIN em comparação com dietas com 10,6% de FDN de BIN, mas a ingestão de ELg, o GPD e a EA foram maiores na dieta com 10,6% de FDNv. No trabalho de Marques (2011) com tourinhos Nelore alimentados com dietas contendo grão inteiro de milho e 0; 2,51

e 5,02% de FDN de BIN, a inclusão de 2,51% de FDNv foi suficiente para maximizar a IMS, o GPD e a EA dos animais.

De modo geral a EA de bovinos confinados é reduzida com o aumento de concentrações de FDNv em dietas (GALYEAN; DEEFOR, 2003; GALYEAN; ABNEY, 2006; SANTOS et al. 2013). No entanto, no presente estudo não foi constatado redução ($P>0,05$) da EA com o aumento de FDNv nas dietas.

Não houve interação ($P>0,05$) entre as concentrações de FDNv e métodos de processamento para as características de carcaça (Tabela 6). A floculação do milho aumentou ($P<0,01$) o peso de carcaça quente (PCQ) (272,95 vs. 280,43 kg), porém não teve efeito ($P>0,05$) sobre o rendimento de carcaça (RC) (55,33 vs. 55,03%) também observado por outros autores (LABRUNE et al., 2008; LEIBOVICH et al., 2009), espessura de gordura subcutânea (EGS) (3,80 vs. 4,0 mm) também observado por outros autores (LABRUNE et al., 2008; PERES, 2011; CARARETO, 2011) e área de olho de lombo (AOL) (66,78 vs. 67,45 cm²) das carcaças também observado por outros autores (LABRUNE et al., 2008; LEIBOVICH et al., 2009; CARARETO, 2011).

Segundo Pacheco et al. (2005) o principal fator que determina o peso da carcaça quente é o peso do animal ao abate, sendo elevada a correlação entre as duas variáveis ($r=0,93$). Essa afirmativa está de acordo com os resultados do presente estudo, onde constatou-se incremento de 2,75 e 3,35% nos PCQ e PF, respectivamente para os animais que consumiram milho floculado em comparação com os que consumiram milho moído.

O aumento na concentração de FDN do BIN (4; 7; 10 e 13%) nas dietas causou redução linear ($P=0,01$) no rendimento de carcaça (55,6; 55,35; 54,75 e 55 respectivamente) e não apresentou efeito ($P>0,05$) sobre o PCQ (276,35; 279,9; 273,1 e 277,4 respectivamente), EGS (4,02; 4,03; 3,9 e 3,75, respectivamente) e AOL (67,4; 66,9; 66,4 e 67,75, respectivamente) das carcaças (Tabela 6).

Em diversos trabalhos (BARTLE; PRETON; MILLER, 1994; SILVA et al., 2002, LEME et al., 2003; PEREIRA, et al.; 2006, CAETANO, 2011) foram relatados resultados semelhantes ao deste estudo, com redução linear do rendimento de carcaça com o aumento da inclusão de volumoso na dieta. Silva et al. (2002) e Leme et al. (2003) sugeriram que o principal fator a influenciar a redução no rendimento de carcaça é o aumento no peso do conteúdo gastrointestinal em função do aumento no teor de volumoso das dietas.

Tabela 6 - Característica da carcaça de tourinhos Nelore terminados em confinamento alimentados com rações contendo milho moído grosso ou floculado e submetidos a diferentes concentrações de FDN de bagaço de cana *in natura* (BIN)

Variáveis ¹	Tratamentos													
	Concentrações de FDN de bagaço de cana <i>in natura</i> (%MS)													
	Milho Moído				Milho Floculado				EPM ²	Valor de P ³				
	4	7	10	13	4	7	10	13		P ⁴	FDNv4	L ⁴	Q ⁴	P*FDNv ⁴
PCQ, kg	271,7	276,4	271,8	271,9	281,0	283,4	274,4	282,9	7,5	<0,01	0,07	-	-	0,37
RC, %	55,8	55,4	55,1	55,0	55,4	55,3	54,4	55,0	0,34	0,12	0,01	0,04*	-	0,36
EGS, mm	3,93	3,68	4,00	3,60	4,10	4,37	3,80	3,90	0,28	0,10	0,45	-	-	0,23
AOL, cm ²	66,6	66,0	66,8	67,7	68,2	67,8	66,0	67,8	1,71	0,49	0,78	-	-	0,76

¹PCQ = Peso da carcaça quente; RC = Rendimento da carcaça; EGS = Espessura de gordura subcutânea; AOL = Área de olho de lombo

²EPM = Erro padrão da média.

³Probabilidade de resposta para os tratamentos; P≤0,05 = Significativa.

⁴P = Efeito do tipo de processamento; FDNv = Efeito das concentrações do FDN oriundo do BIN; L = Efeito linear de FDNv; Q = Efeito quadrático de FDNv; P*FDNv = interação.

* $y = -0,08x + 55,855$; $R^2 = 0,6817$

Vários autores reportaram resultados semelhantes aos deste estudo, onde as concentrações de volumoso na dieta não influenciaram o PCQ (BARTLE; PRETON; MILLER, 1994; RIBEIRO et al., 2002; LEME et al., 2003; MACDONALD et al., 2011), a EGS (RIBEIRO et al., 2002; LEME et al., 2003; CAETANO, 2011) e a AOL (BARTLE; PRETON; MILLER, 1994; RIBEIRO et al., 2002; LEME et al., 2003; CAETANO, 2011; MACDONALD et al., 2011; HALES et al., 2013).

Não houve interação ($P>0,05$) entre as concentrações de FDNv e métodos de processamento sobre os valores observados de energia líquida para manutenção (ELm) e para ganho (ELg) das rações, sobre a relação entre os valores observados/esperados de ELm e ELg e sobre a ingestão de ELm e ELg (Tabela 7).

As rações com milho floculado apresentaram 14,86% maior ($P<0,01$) ELm observada (1,75 vs. 2,01 Mcal/kg de MS) e 20,53% maior ($P<0,01$) ELg observada (1,12 vs. 1,35 Mcal/kg de MS) em comparação com as rações contendo milho moído grosso. Owens e Basalan (2012) compilaram dados a partir de experimentos publicados com milho dentado e constataram que a concentração de energia metabolizável média das dietas foi 5,57% maior para rações com milho floculado em comparação com as rações com milho laminado a seco. No trabalho de Zinn (1988), a floculação aumentou o valor da ELm (+5,3%) e ELg (+6,9%) das dietas em comparação com laminação a seco. Barajas e Zinn (1998) também relataram aumento no valor da ELm (+4,49%) e de ELg (+5,88%) das dietas com milho floculado em comparação com dietas contendo milho laminado a seco.

Em trabalhos conduzidos no Brasil com dietas com alta proporção de milho *flint* (66,5-79,1% na MS total), Carareto (2011) reportou aumentos de 22% na ELm e 32% na ELg das dietas com milho floculado em comparação com as dietas compostas por milho laminado a seco. Peres (2011) constatou incrementos de 16,6% na ELm e 22% na ELg, também para floculação em comparação com laminação a seco. Marques (2011) observou aumentos de 17,11% na ELm e 22% na ELg para dietas com milho floculado vs. dietas com milho inteiro. Gouvêa (2012) também relatou incrementos de 16,6% na ELm e 21,8% na ELg para rações com milho floculado em comparação com rações contendo milho moído fino (1,3mm TMP). Esses resultados estão de acordo com os obtidos no presente estudo e confirmam a hipótese de que a floculação do milho *flint* causa maior incremento no valor energético das dietas do que o observado com milho dentado.

Além dos efeitos do método de processamento sobre o valor de energia das dietas, este também pode influenciar a ingestão total de energia pelos animais confinados. Zinn (2012) relatou que o milho floculado em comparação com o milho laminado a seco (genótipo dentado), aumenta em média 4,2% o consumo de energia de bovinos confinados. No presente estudo, apesar da redução na IMS, o aumento da densidade energética da dieta com a floculação do milho resultou em aumento ($P < 0,01$) de 5,8% da ingestão de ELM (16,27 vs. 17,21 Mcal/dia) e de 10,81% da ingestão de ELG (10,45 vs. 11,58 Mcal/dia) em comparação com o milho moído grosso (Tabela 7). Esse aumento na ingestão de energia com menor IMS, explicam o maior GPD e maior EA (Tabela 5) dos animais alimentados com milho floculado.

As rações com milho floculado resultaram em proporções entre ELM observada/esperada (0,83 vs. 0,90) e entre ELG observada/esperada (0,90 vs. 1,01) mais próximas ($P < 0,01$) de 1,0 em comparação com as rações contendo milho moído grosso. Isto provavelmente se deve ao fato da equação de Weiss et al. (1992) superestimar o valor energético do milho *flint* (falta de fator de desconto para vitreosidade) moído grosso. Entretanto, quando o milho é floculado, o fator vitreosidade perde importância, pois este método de processamento é extremamente eficiente para eliminar a matriz proteica que limita a digestão do amido.

O aumento nas concentrações de FDNv das dietas causou redução linear ($P < 0,01$) na ELM observada (1,94; 1,89; 1,84 e 1,84 Mcal/kg de MS, respectivamente) e na ELG observada (1,29; 1,24; 1,21 e 1,21 Mcal/kg de MS, respectivamente) das dietas (Tabela 7). Entretanto, em virtude do aumento na IMS, a ingestão de ELG dos animais (10,77; 11,31; 10,84 e 11,14 Mcal/dia, respectivamente) manteve-se constante ($P > 0,05$), conforme a teoria de regulação fisiológica do consumo (FORBS, 2000).

No trabalho de Parsons et al. (2007), houve redução linear da ELM e ELG com o aumento do feno de alfafa em dietas contendo 40% de farelo proteinoso de milho úmido (wet corn gluten feed) e milho floculado. Do mesmo modo, May et al. (2011) constataram diminuição linear da ELM e ELG com o aumento de volumoso em dieta (inclusões de feno de alfafa) com milho floculado (55 a 73% da MS) e grãos destilados úmidos. Estes resultados são semelhantes aos do atual estudo, indicando que o efeito da inclusão de FDNv em dietas com alto teor de concentrado reduz a concentração de energia da dieta.

Tabela 7 – Valores observados de ELM e ELg e da relação entre a ELM observada/esperada e ELg observada/esperada das dietas experimentais e ingestão de ELM e ELg de tourinhos Nelore terminados em confinamento alimentados com rações contendo milho moído grosso ou floculado e submetidos a diferentes concentrações da fibra em detergente neutro (FDN) do bagaço de cana *in natura* (BIN)

Variáveis ¹	Tratamentos													
	Concentrações de FDN de bagaço de cana <i>in natura</i> (%MS)													
	Milho Moído				Milho Floculado				EPM ²	Valor de P ³				
	4	7	10	13	4	7	10	13		P ⁴	FDNv ⁴	L ⁴	Q ⁴	P*FDNv ⁴
ELm Obs (Mcal/kg de MS)	1,78	1,76	1,74	1,71	2,10	2,01	1,94	1,98	0,03	<0,01	0,01	<0,01*	-	0,24
ELg Obs (Mcal/kg de MS)	1,15	1,13	1,12	1,09	1,43	1,35	1,29	1,33	0,03	<0,01	0,01	<0,01 [#]	-	0,21
ELm Obs/Esp ⁵	0,81	0,83	0,84	0,85	0,90	0,89	0,88	0,94	0,01	<0,01	0,03	<0,01 [¥]	-	0,31
ELg Obs/Esp ⁵	0,89	0,89	0,91	0,92	1,01	1,00	0,99	1,06	0,02	<0,01	0,09	0,05 [‡]	-	0,49
Ingestão ELM, Mcal/dia	15,55	16,88	16,31	16,35	16,85	17,46	16,85	17,70	0,77	<0,01	0,07	0,13	0,33	0,56
Ingestão ELg, Mcal/dia	10,06	10,87	10,47	10,41	11,49	11,75	11,21	11,87	0,54	<0,01	0,22	-	-	0,49

¹ ELM Obs = Energia líquida para manutenção observada; ELg = Energia líquida para manutenção esperada; ELM Obs/Esp = Relação entre ELM observada/esperada; ELg Obs/Esp = Relação entre ELg observada/esperada.

² EPM = Erro padrão da média.

³ Probabilidades de resposta para os tratamentos; P≤0,05 = Significativa.

⁴ P = Efeito do tipo de processamento; FDNv = Efeito das concentrações do FDN oriundo do BIN; L = Efeito linear de FDNv; Q = Efeito quadrático de FDNv; P*FDNv = interação.

⁵ Os valores esperados foram estimados pelo NRC (1996) nível 1 com adição de ionóforo, com base nos valores de NDT dos ingredientes da dieta (estimados utilizando a equação de Weiss; Conrad; St. Pierre (1992)).

* $y = -0,011x + 1,971$; $R^2 = 0,8609$

[#] $y = -0,0095x + 1,317$; $R^2 = 0,8584$

[¥] $y = 0,0038x + 0,835$; $R^2 = 0,6824$

[‡] $y = 0,0042x + 0,9195$; $R^2 = 0,5838$

Diferentemente do observado no presente estudo, Galyean e Abney (2006) relataram que o teor de FDN total da dieta explicou 79,7% ($R^2 = 0,797$) da variação na ingestão de ELg (Mcal/kg de $PC^{0,75}$) de bovinos de corte confinados, enquanto o teor de FDNv explicou apenas 58,3% ($R^2 = 0,583$) dessa variação. Os resultados da revisão de Arelovich et al. (2008), também demonstraram que a ingestão ELg (kcal/kg de $PC^{0,75}$) está altamente relacionada com a concentração de FDN na dieta ($R^2=0,859$). No entanto, o FDN total da dieta ($R^2=0,001$) não explicou a variação na ingestão de ELg/unidade de IMS, dessa forma, baseando-se nesses resultados, pode-se inferir que IMS não está relacionada à ingestão ELg/unidade de IMS.

Não houve interação ($P>0,05$) entre as concentrações de FDNv e métodos de processamento sobre a ingestão de amido (IA) (Tabela 8). A floculação resultou em menor ($P<0,01$) ingestão de amido (5,39 vs. 4,90 kg/dia), menor ($P<0,01$) teor de amido nas fezes (13,72 vs. 3,76%), maior ($P<0,01$) DAT (92,14 vs. 98,18%), maior ($P<0,01$) ELmMilho (2,26 vs. 2,44 Mcal/dia) e maior ($P<0,01$) ELgMilho (1,57 vs. 1,73 Mcal/dia) que a moagem grosseira do milho *flint* (Tabela 8).

A menor ingestão de amido proporcionada pela floculação do milho constatada neste estudo, está relacionada à menor IMS (kg/dia e %PC) (Tabela 5). Presume-se que a IMS e consequentemente a ingestão de amido foi reduzida pela floculação em virtude da maior densidade energética desses grãos consequentemente das respectivas dietas.

A redução de amido nas fezes e aumentos na DAT, ELmMilho e ELgMilho com a floculado em comparação com laminação a seco ou moagem é bem descrita na literatura (OWENS et al., 1997; ZINN; OWENS; WARE, 2002; OWENS; SODERLUND, 2006; CARARETO, 2011; PERES, 2011; GOUVÊA, 2012; OWENS; BASALAN, 2012).

Owens e Soderlund (2006) compilaram resultados de trabalhos na literatura e constataram que a digestibilidade do amido no trato total média (milho dentado) foi de 91,03% e 99,09% para laminado a seco e floculado, respectivamente. Em trabalhos conduzidos no Brasil com milho *flint*, Carareto (2011) e Peres (2011) reportaram DAT de 85,73% e 81,19%, respectivamente, para milho laminado e 98,29% e 93,3%, respectivamente, para milho floculado. Gouvêa (2012) encontrou valores de DAT de 94,1% e 98,70% para milho moído e milho floculado, respectivamente. Estes resultados são bem semelhantes aos do presente estudo, ratificando a superioridade da floculação sobre a moagem em promover aumentos da DAT do milho *flint*.

Tabela 8 - Energia líquida para manutenção do milho (ELmMilho) e energia líquida para ganho do milho (ELgMilho) das rações e ingestão de amido (IA), amido fecal (AF) e digestibilidade do amido no trato total (DAT) de tourinhos Nelores terminados em confinamento alimentados com rações contendo milho moído ou floculado e diferentes concentrações de bagaço de cana *in natura* (BIN)

Variáveis	Tratamentos													
	Concentrações de FDN de bagaço de cana <i>in natura</i> (%MS)													
	Milho Moído				Milho Floculado				EPM ¹	Valor de P ²				
	4	7	10	13	4	7	10	13		P ³	FDNv ³	L ³	Q ³	P*FDNv ³
IA, kg/dia	5,18	5,31	5,68	5,39	4,89	5,08	4,87	4,77	0,22	<0,01	<0,01	-	0,03	0,81
AF, %	16,25	14,66	12,25	11,71	4,38	3,21	3,92	3,55	1,44	<0,01	0,15	-	-	0,28
DAT, %	90,35	91,47	93,14	93,61	97,85	98,46	98,12	98,29	0,99	<0,01	0,16	-	-	0,26
ELmMilho, Mcal/dia	2,21	2,24	2,29	2,30	2,43	2,45	2,44	2,44	0,03	<0,01	0,20	-	-	0,29
ELgMilho, Mcal/dia	1,52	1,55	1,60	1,61	1,72	1,74	1,73	1,73	0,03	<0,01	0,19	-	-	0,22

¹ EPM = Erro padrão da média.

² Probabilidades de resposta para os tratamentos; P≤0,05 = Significativa.

³ P = Efeito do tipo de processamento; FDNv = Efeito das concentrações do FDN oriundo do BIN; L = Efeito linear de FDNv; Q = Efeito quadrático de FDNv; P*FDNv = interação.

Owens et al. (1997) relataram que a floculação aumenta a energia metabolizável do milho em 15% comparado com a laminação a seco. No entanto, em revisão mais recente, Owens e Basalan (2012), reportaram incrementos de 6,29% na energia metabolizável do grão de milho e 10,14% na ELgMilho para o milho floculado sobre o laminado seco (genótipos dentado).

Carareto (2011) e Peres (2011) reportaram aumentos de 16,9 e 18,65% na ELMilho e 20,97 e 24,03% na ELgMilho, respectivamente, para o milho floculado comparado com o milho laminado a seco. Gouvêa (2012) reportou incrementos de 4,25 na ELMilho e 5,45% ELgMilho para milho floculado em comparação com milho moído (genótipos *flint*).

O aumento nas concentrações de FDNv (4; 7; 10 ou 13%) das dietas causou efeito quadrático na ingestão de amido (5,04; 5,19; 5,27 e 5,08 kg/dia, respectivamente) (Figura 5). Os efeitos da concentração de FDNv no teor de amido fecal, DAT, e valores de energia do milho não serão discutidos uma vez que a variação no teor de amido fecal com níveis crescentes de FDNv pode ser resultado de diluição fecal por maior participação de compostos indigestíveis nas fezes e não por variação na digestibilidade do amido em si.

Figura 5 - Efeito das concentrações do Bagaço de cana *in natura* (BIN) sobre a ingestão de amido por tourinhos Nelore terminados em confinamento alimentados com rações contendo milho moído grosso ou floculado

O efeito quadrático constatado na ingestão de amido pelos animais pode ser explicado pelo mesmo efeito ocorrido na IMS (kg/dia e %PC). A ingestão máxima de amido estimada ocorre antes da máxima IMS estimada (8,89% vs. 11,28% de FDNv na dieta). Indicando que a partir de 8,89% de FDNv não houve acréscimo na ingestão de amido, apesar de ter havido aumento na IMS.

Não houve interação entre as concentrações de FDN do bagaço de cana e métodos de processamento sobre as atividades de ingestão, ruminação, ócio e mastigação total. Dietas com milho floculado aumentaram o tempo de ruminação ($P<0,01$) (300 vs. 363,75 minutos/dia) e reduziram o tempo de ingestão ($P<0,01$) (146,75 vs. 106,25 minutos/dia) dos animais confinados em comparação com as dietas contendo milho moído (Tabela 9). Não houve efeito ($P>0,05$) do processamento sobre o tempo de ócio (992,25 vs. 968,5 minutos/dia) e mastigação total (447,25 vs. 470,5 minutos/dia).

A menor densidade e maior tamanho médio de partícula (TMP) do milho floculado (9,36 vs. 3,18 mm, respectivamente) em comparação com milho moído explica ao menos em parte o maior tempo gasto com ruminação pelos animais deste tratamento, uma vez que partículas com maior densidade e menor TMP têm maior taxa de passagem (ALLEN, 2000).

A ingestão de alimento é função do tamanho e frequência da refeição, sendo determinada pelo efeito de saciedade e de fome, respectivamente. Padrões de refeição são possivelmente influenciados pela digestão do amido ruminal ou efeito de repleção ruminal (TAYLOR; ALLEN, 2005; VAN SOEST, 1994). Rações contendo altas proporções de grãos promovem diminuição na IMS pela diminuição do tamanho da refeição (OBA; ALLEN, 2003), aumentando entretanto, o número de refeições durante 24 horas (KRAUSE et al., 2003).

O maior tempo gasto com ingestão pelos animais alimentados com milho moído pode ser explicado pela maior IMS (Tabela 5), o que possivelmente implica em um maior número de refeições por dia devido a um menor efeito de saciedade e pela provável maior taxa de passagem da digesta nesses animais em comparação com aqueles alimentado com milho floculado.

Tabela 9 – Tempos (minutos/dia) despendidos com as atividades de ingestão, ruminação, ócio e mastigação total de tourinhos Nelore terminados em confinamento alimentados com rações contendo milho moído grosso ou floculado e submetidos a diferentes concentrações da fibra em detergente neutro (FDN) do bagaço de cana *in natura* (BIN)

Variáveis (minutos/dia)	Tratamentos													
	Concentrações de FDN de bagaço de cana <i>in natura</i> (%MS)													
	Milho Moído				Milho Floculado				EPM ¹	Valor de P ²				
	4	7	10	13	4	7	10	13		P ³	FDNv ³	L ³	Q ³	P*FDNv ³
Ruminação	163	288	323	426	291	333	415	416	29,88	<0,01	<0,01	<0,01*	-	0,17
Ócio	1160	1010	953	846	1046	1011	916	901	26,69	0,23	<0,01	<0,01 [#]	-	0,14
Ingestão	116	141	164	166	101	95	108	121	18,63	<0,01	0,26	-	-	0,72
Mastigação⁴	280	430	486	593	393	428	523	538	16,05	0,23	<0,01	<0,01 [¥]	-	0,43

¹ EPM = Erro padrão da média.

² Probabilidades de resposta para os tratamentos; P ≤ 0,05 = Significativa.

³ P = Efeito do tipo de processamento; FDNv = Efeito das concentrações do FDN oriundo do BIN; L = Efeito linear de FDNv; Q = Efeito quadrático de FDNv; P*FDNv = interação.

⁴ Estimado pela soma dos tempos despendidos com as atividades de ruminação e ingestão.

* $y = 21,361x + 150,72$; $R^2 = 0,9877$

[#] $y = -25,444x + 1197,1$; $R^2 = 0,9915$

[¥] $y = 25,444x + 242,89$; $R^2 = 0,9915$

O tempo de mastigação total não foi afetado pelo processamento, possivelmente por causa de um efeito de compensação entre, maior tempo de ingestão dos animais tratados com milho moído e maior tempo de ruminação dos animais tratados com milho floculado, uma vez que a mastigação total é obtida pela somatória desses dois parâmetros.

O acréscimo nas concentrações de FDN do BIN (4; 7; 10 ou 13%) nas dietas causaram aumento linear ($P<0,01$) no tempo de ruminação (227,50; 310,83; 369,17 e 421,67 minutos/dia, respectivamente), aumento linear no tempo de mastigação ($P<0,01$) (336,67; 429,17; 505,00 e 565,83 minutos/dia, respectivamente) e redução linear no tempo de ócio ($P<0,01$) (1103,33; 1010,83; 935,00 e 874,17 minutos/dia respectivamente) (Tabela 9). Não houve efeito das concentrações de FDNv sobre a atividade de ingestão (109; 118; 136; 144 minutos/dia, respectivamente).

O tempo de ruminação é altamente correlacionado ($r=0,96$) com a ingestão de FDN por bovinos (WELCH; HOOPER, 1988).

Bürger et al. (2000) avaliaram o comportamento de bezerros holandeses recebendo dietas contendo 30; 45; 60; 75 e 90% de concentrado (base na MS) com feno de capim *coast-cross* como fonte de volumoso. Os autores constataram que houve aumento linear no tempo despendido com a ruminação e o tempo de ócio reduziu linearmente com o aumento de inclusão de volumoso nas dietas. Martins (2013), constatou aumento linear no tempo de mastigação (minutos/dia), conforme foi incluído BIN (0; 3; 6; 9%) em rações com milho inteiro para bovinos castrados da raça Nelore. Esses resultados estão em concordância com os resultados constatados no presente estudo e apoiam a conclusão de Welch e Hooper (1988).

Não houve interação ($P>0,05$) entre as concentrações de FDN do bagaço de cana e métodos de processamento para as medidas morfológicas de área média das papilas (AMP), área de superfície absorptiva (ASA), número médio de papilas (NMP), representatividade das papilas na superfície absorptiva (RPSA) e incidência de rumenites (RUM) (Tabela 10).

As rações com milho moído proporcionaram maior ($P=0,05$) NMP (45,58 vs. 40,41), maior ($P=0,03$) ASA (31,81 vs. 27,72 cm²) e maior ($P=0,03$) RPSA (96,76 vs. 96,18 %). Não houve efeito do processamento ($P>0,05$) sobre a AMP (0,69 vs. 0,68 cm²) e a RUM (2,00 vs. 1,78) (Tabela 10).

Esses resultados sugerem que as dietas com milho moído proporcionaram um ambiente ruminal mais favorável a produção do ácido butírico (constatado no exp. 2;

capítulo 2; Tabela 8) em comparação às dietas com milho floculado. Em trabalhos *in vivo*, o butirato tem sido relatado como sendo o mais potente estimulador da proliferação das células epiteliais do rúmen (SAKATA; TAMATE, 1978; SAKATA et al., 1980), além de promover maior comprimento, largura e área das papilas ruminais (GORKA et al., 2009, 2011).

Corona et al. (2005), avaliaram a influência do processamento do milho (floculação, laminação a seco e moagem e grão inteiro) sobre as concentrações de AGV e concluíram que o milho floculado estimulou maior proporção molar de propionato em comparação aos outros tipos de processamentos. Já a proporção molar do acetato foi maior para a moagem e laminação a seco. O milho laminado a seco gerou maior proporção molar do ácido bútrico e maior relação acetato:propionato que os outros tipos de processamento, sendo a menor proporção molar observada para a floculação. Esses resultados são consistentes com estudos anteriores (GALYEAN et al., 1976; ZINN, 1987) comparando milho floculado com milho laminado a seco e milho inteiro. Ficou evidenciado que o milho floculado promoveu diminuição na proporção molar de acetato, butirato e na relação acetato:propionato e aumento a proporção molar de propionato no rúmen.

A ausência de diferença entre os tipos de processamento para RUM e a baixa incidência observada das mesmas é um indicativo de que o pH ruminal foi semelhante entre os processamentos e se manteve em níveis aceitáveis para manutenção da saúde do rúmen (conforme observado no exp. 2; capítulo 2; Figura 3).

Os acréscimos nas concentrações de FDN do bagaço de cana (4; 7; 10 ou 13%) nas dietas não causaram efeito ($P>0,05$) sobre o NMP (41,91; 43,74; 39,7 e 46,38 respectivamente), AMP (0,73; 0,65; 0,69 e 0,68 cm² respectivamente), ASA (30,05; 28,98; 28,75 e 31,59 cm² respectivamente), RPSA (96,57; 96,37; 96,28; 96,78 % respectivamente) e a RUM (2,36; 1,90; 2,05 e 1,24 respectivamente) (Tabela 10).

O valor elevado de efetividade da fibra do BIN (GOULART, 2010) parece ser responsável por manter o pH ruminal em níveis aceitáveis (acima de 5,6) (conforme observado no exp. 2; capítulo 2; Figura 3), mesmo nas dietas com menor inclusão (4%) de FDNv. Presume-se que em função disso, o ambiente ruminal se manteve proficiente, com alta produção de AGV sem grandes prejuízos a integridade e atividade metabólica da parede ruminal.

Tabela 10 –Medidas morfométricas das papilas ruminais de tourinhos Nelore terminados em confinamento alimentados com rações contendo milho moído ou floculado e submetidos a diferentes concentrações de FDN de Bagaço de cana *in natura* (BIN)

Variáveis5	Tratamentos											
	Concentrações de FDN de bagaço de cana <i>in natura</i> (%MS)											
	Milho Moído				Milho Floculado				EPM¹	Valor de P²		
	4	7	10	13	4	7	10	13		P³	FDNv³	P* FDNv³
NMP, n	45,96	44,05	46,47	45,45	37,85	43,42	33,07	47,31	3,55	0,05	0,30	0,14
AMP, cm²	0,69	0,65	0,73	0,70	0,76	0,64	0,66	0,66	0,06	0,73	0,59	0,58
ASA, cm²	31,15	29,97	34,59	32,17	28,95	27,99	22,91	31,02	2,70	0,03	0,71	0,19
RPSA, %	96,50	96,64	97,26	96,88	96,64	96,09	95,29	96,69	0,40	0,03	0,58	0,06
RUM⁴	2,11	2,10	2,20	1,57	2,60	1,70	1,90	0,90	0,51	0,51	0,38	0,23

¹ EPM =Erro padrão da média.

² Probabilidades de resposta para os tratamentos; P≤0,05 = Significativa.

³ P = Efeito do tipo de processamento; FDNv = Efeito das concentrações do FDN oriundo do BIN; L = Efeito linear de FDNv; Q = Efeito quadrático de FDNv; P*FDNv = interação.

⁴ NMP = número médio de papilas por cm² de parede ruminal; AMP = área média das papilas por cm²; ASA = área de superfície absorviva expressa em cm² de parede; RPSA = representatividade das papilas na superfície absorviva; RUM = incidência de rumenites.

⁵ Classificação realizada conforme a metodologia de Bigham e McManus (1975), sendo baseada em uma classificação com escala de 0 a 10 pontos.

Não houve interação ($P>0,05$) entre as concentrações de FDN do bagaço de cana e métodos de processamento para as medidas histológicas de altura, área e espessura da faixa de queratina (EFQ) (Tabela 11). Entretanto, houve interação ($P=0,01$) entre as concentrações de FDN do bagaço de cana e métodos de processamento para a medida de largura papilar. Não houve efeito ($P>0,05$) do processamento para as medidas de altura (3,58 vs. 3,81 mm), área (1,89 vs. 1,67 mm²) e EFQ (17,69 vs. 18,23 µm) das papilas ruminais (Tabela 11).

As rações com milho moído proporcionaram maior ($P<0,01$) largura de papilas (0,51 vs. 0,45 mm) do que as rações com milho floculado (Tabela 11), gerando um incremento de 13,33% sobre a largura das papilas. Isso possivelmente ocorreu devido à maior produção de butirato gerada pelas rações com milho moído em comparação às rações contendo milho floculado (constatado no exp. 2; capítulo 2; Tabela 8).

Por outro lado, comparando todas as dietas entre si para a variável largura das papilas, constatou-se que apenas as dietas com milho floculado contendo 4% e 13% de FDNv geraram menores largura de papilas em relação à dieta com milho moído contendo 13% de FDNv. O restante das dietas proporcionou largura de papilas semelhantes.

Contudo, o efeito dos teores de FDNv sobre a largura de papilas foi diferente entre os processamentos do milho (Figura 6). Para as dietas com milho moído, o comportamento da largura das papilas tendeu ($P=0,08$) a aumentar linearmente conforme se incluiu FDNv nas dietas. Porém, para as dietas com milho floculado o comportamento foi quadrático ($P=0,03$), onde a largura máxima estimada por regressão das papilas ocorreu com 7,92% de FDNv nas dietas (Figura 6).

Os acréscimos nas concentrações de FDN do bagaço de cana (4; 7; 10 ou 13%) nas dietas não causaram efeito ($P>0,05$) sobre a altura (3,67; 3,53; 3,90 e 3,56 mm respectivamente), largura, (0,44; 0,51; 0,47 e 0,48 mm respectivamente) área (1,64; 1,70; 1,98 e 1,63 mm² respectivamente) e EFQ (18,57; 18,88; 15,48 e 18,80 µm respectivamente) das papilas ruminais (Tabela 11).

Tabela 11 – Medidas histológicas relacionadas à altura, largura, área e espessura da faixa de queratina (EFQ) das papilas ruminais de tourinhos Nelore terminados em confinamento alimentados com rações contendo milho moído ou floculado e submetidos a diferentes concentrações de FDN de Bagaço de cana *in natura* (BIN)

Variáveis	Tratamentos											
	Concentrações de FDN de bagaço de cana <i>in natura</i> (%MS)											
	Milho Moído				Milho Floculado				EPM ¹	Valor de P ²		
	4	7	10	13	4	7	10	13		P ³	FDNv ³	P* FDNv ³
ALTURA, mm	3,53	3,68	3,58	3,52	3,81	3,38	4,22	3,59	0,41	0,55	0,80	0,71
LARGURA, mm^D	0,48ab	0,50ab	0,49ab	0,59a	0,41b	0,52ab	0,44ab	0,37b	0,04	<0.01	0,25	0,01
AREA, mm²	1,53	1,86	2,23	1,95	1,75	1,55	1,72	1,31	0,32	0,18	0,70	0,56
EFQ, µm	16,03	18,84	16,29	19,59	21,11	18,91	14,67	18,01	1,53	0,66	0,13	0,12

¹ EPM = Erro padrão da média.

² Probabilidades de resposta para os tratamentos; P ≤ 0,05 = Significativa.

³ P = Efeito do tipo de processamento; FDNv = Efeito das concentrações do FDN oriundo do BIN; L = Efeito linear de FDNv; Q = Efeito quadrático de FDNv; P*FDNv = interação.

^D Desdobramento da interação (Processamento*FDNv), onde letras distintas na mesma linha apresentam diferenças significativas.

Figura 6 - Interação entre as concentrações de FDN do bagaço de cana e o processamento do milho (moído ou floculado) sobre as medidas histológicas da largura das papilas ruminais

Esses resultados indicam que a saúde do rúmen se manteve em boas condições, mesmo nas dietas com menor inclusão (4%) de FDNv, comprovando o elevado fator de efetividade física da FDNv do BIN (Goulart, 2010). Deve-se levar também em consideração que o pH ruminal possivelmente se manteve acima de 5,6 (limite para acidose crônica), conforme constatado no exp. 2; capítulo 2; Figura 3, independentemente do teor de FDNv das dietas, fator que é fundamental para manter em plena atividade a microbiota ruminal, além de manter a integridade e atividade metabólica da parede ruminal em boas condições.

Neste estudo, a incidência de abscessos hepáticos foi insignificante. Apenas dois animais de um total de 240 apresentaram abscesso hepático de tamanho pequeno. Sitta et al. (2010), Marques et al. (2011), Peres (2011) não constataram incidência de abscessos hepáticos em tourinhos Nelore alimentados com dietas contendo alto teor de concentrado. Carareto (2011) relataram baixa incidência de abscessos hepáticos em animais recebendo milho laminado (2,1%), ensilado (2,1%) e floculado (6,2%) e ausência de abscessos em animais alimentados com milho moído fino. Gouvêa (2012) relatou incidência de abscesso hepático em apenas um animal de um total de 240 animais confinados, também recebendo dietas com alto teor de milho moído fino (1,3mm TMP) ou floculado.

3.4 Conclusões

A floculação aumenta o valor energético do grão de milho *flint*, o GDP e a EA de tourinhos Nelore alimentados com dietas com alto teor de amido em comparação com a moagem grosseira.

A floculação causa maior aumento no valor energético do milho *flint* que o relatado na literatura para o milho dentado.

O aumento da concentração de FDN de BIN (4 a 13% da MS) na dieta de tourinhos Nelore em confinamento tem efeito quadrático sobre a IMS mas não afeta a ingestão de ELg e o GPD dos animais independente do processamento do milho.

A incidência de rumenite não foi afetada pelas concentrações de FDNv da dieta.

Referências

ALLEN, M. Effects of diet on short-term regulation of feed intake by lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 83, p. 1598-1624, 2000.

ARELOVICH, H.M.; ABNEY, C.S.; VIZCARRA, J.A.; GALYEAN, M.L. Effects of dietary neutral detergent fiber on intakes of dry matter and net energy by dairy and beef cattle: analysis of published data. **Professional Animal Scientist**, Champaign, v. 24, p. 375-383, 2008.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis**. 15th ed. Arlington, 1990. v. 1, 1117 p.

BACH KNUDSEN, K.E. Carbohydrate and lignin contents of plant materials used in animal feeding. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 67, p. 319-338, 1997.

BARAJAS, R.; ZINN, R.A. The feeding value of dry-rolled and steam-flaked corn in finishing diets for feedlot cattle: influence of protein supplementation. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 76, p. 1744–1752, 1998.

BARTLE, S.J.; PRESTON, R.L.; MILLER, M.F. Dietary energy source and density: Effects of roughage source roughage equivalent, tallow level, and steer type on feedlot performance and carcass characteristics. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 72, n. 8, p. 1943-1953, 1994.

BIGHAM, M.L.; McMANUS, W.R. Whole wheat grain feeding of lambs: effects of roughage and wheat grain mixtures. **Australian Journal of Agricultural Research**, Brisbane, v. 26, p. 1053-1062, 1975.

BÜRGER, P.J.; PEREIRA, J.C.; QUEIROZ, A.C.; DA SILVA, J.F.C; VALADARES FILHO, S.C; CECON, P.R.; CASALI, A.D.P. Comportamento ingestivo em bezerros holandeses alimentados com dietas contendo diferentes níveis de concentrado. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 29, n. 1, p. 236-242, 2000.

BRINK, D.R.S.R., LOWRY, R.A.; PARROT, J.C. Severity of liver abscesses and efficiency of feed utilization of feedlot cattle. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 68, p. 1201-1207, 1990.

CAETANO, M. **Efeito do processamento do milho e dos teores de fibra no desempenho de bovinos Nelore em terminação**. 2011. 127 p. Tese (Doutorado em Ciência Animal e Pastagens) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2011.

CARARETO, R. **Fontes de nitrogênio, níveis de forragem e métodos de processamento de milho em rações para tourinhos da raça Nelore terminados em confinamento**. 2011. 106 p. Tese (Doutorado em Ciência Animal e Pastagens) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2011.

CORONA, L.; RODRIGUEZ, S.; WARE, R. A.; ZINN, R.A. Comparative effects of whole, ground, dry-rolled, and steam-flaked corn on digestion and growth performance in feedlot cattle. **Professional Animal Scientist**, Champaign, v. 21, p. 200-206, 2005.

CORRIGAN, M.E.; ERICKSON, G.E.; KLOPFENSTEIN, T.J.; LUEBBE, M.K.; VANDER POL, K.J.; MEYER, N.F.; BUCKNER, C.D.; VANNESS, S.J.; HANFORD, K.J. Effect of corn processing method and corn wet distiller's grains inclusion level in finishing diets. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 87, p. 3351-3362, 2009.

DANIEL, J.L.; RESENDE JÚNIOR, J.C.; CRUZ, F.J. Participação do ruminoretículo e omaso na superfície absorviva total do proventrículo de bovinos. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, São Paulo, v. 43, p. 688-694, 2006.

DEFOOR, P.J.; GALYEAN, M.L.; COLE, N.A.; JONES, O.R. Effects of planting density and processing method on laboratory characteristics of grain sorghum for ruminants. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 78, p. 2032-2038, 2000.

DOMBRINK-KURTZMAN, M.A.; BIETZ, J.A. Zein composition in hard and soft endosperm of maize. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 70, n. 1, p. 105-108, 1993.

DRAGER, C.D.P.; DEW, F.; BROWN, M.S.; COLE, N.A. The effect of degree of corn processing on the chemical composition of corn. In: PLAINS NUTRITION COUNCIL SPRING CONFERENCE, 2002, Amarillo. **Proceedings...** Amarillo: Texas AgriLife Res. and Ext. Center, 2002. p. 126. (Publication. AREC02-20).

FORBES, J.M. Physiological and metabolic aspects of feed intake control. In: MELLO, J.P.F. (Ed.). **Farm animal metabolism and nutrition**. Wallingford: CABI, 2000. p. 319-333.

GAEBEL, G.; BELL, M.; MARTENS, H. The effect of low mucosal pH on sodium and chloride movement across the isolated rumen mucosa of sheep. **Quarterly Journal of Experimental Physiology**, Cambridge, v. 74, p. 35-44, 1989.

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, 2006. p. 127-144.

GALYEAN, M.L.; DEFOOR, P.J. Effects of roughage source and level on intake by feedlot cattle. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 8, suppl. 2, p.E8–E16, 2003.

GALYEAN, M.L.; WAGNER, D.G.; JOHNSON, R.R. Site and extent of starch digestion in steers fed processed corn rations. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 43, p. 1088-1094, 1976.

GILL, D.R.; OWENS, F.N.; MARTIN, J.J.; WILLIAMS, D.E.; ZINN, R.A.; HILLIER, R.J. **Roughage levels in feedlot rations**. Stillwater: Oklahoma Agricultural Experiment Station, 1981. p. 141-146 (Research Report, MP-108).

GORKA, P.; KOWALSKI, Z.M.; PIETRZAK, P.; KOTUNIA, A.; JAGUSIAK, W.; ZABIELSKI, R. Is rumen development in newborn calves affected by different liquid feeds and small intestine development? **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 94, p. 3002-3013, 2011.

GORKA, P.; KOWALSKI, Z.M.; PIETRZAK, P.; KOTUNIA, A.; KILJANCZYK, R.; FLAGA, J.; HOLST, J.J.; GUILLOTEAU, P.; ZABIELSKI, R. Effect of sodium butyrate supplementation in milk replacer and starter diet on rumen development in calves. **Journal of Physiology and Pharmacology**, London, v. 60, suppl. 3, p. 47-53, 2009.

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.

GOUVÊA, V.N. **Processamento de grãos de milho flint e sua substituição por polpa cítrica em dietas para tourinhos Nelore terminados em confinamento**. 2012. 94 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2012.

GRANT, R.J.; MERTENS, D.R. Influence of buffer pH and raw corn starch addition on *in vitro* fiber digestion kinetics. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 75, n. 10, p. 2762-2768, 1992.

HALES, K.E.; MCMENIMAN, J.P.; LEIBOVICH, J.; VASCONCELOS, J.T.; QUINN, M.J.; MAY, M.L.; DILORENZO, N.; SMITH, D.R.; GALYEAN, M.L. Effects of varying bulk densities of steam-flaked corn and dietary roughage concentration on in vitro fermentation, performance, carcass quality, and acid-base balance measurements in finishing steers. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 88, p. 1135–1147, 2010.

HALES, K.E.; FREETLY, H.C.; SHACKELFORD, S.D.; KING, D.A. Effects of roughage concentration in dry-rolled corn-based diets containing wet distillers grains with solubles on performance and carcass characteristics of finishing beef steers. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 91, p. 3315–3321, 2013.

HENRIQUE, W.; BELTRAME FILHO, J.A.; LEME, P.R.; LANNA, D.P.D.; ALLEONI, G.F.; COUTINHO FILHO, J.L.V.; SAMPAIO, A.A.M. Avaliação da silagem de grão de milho úmido com diferentes volumosos para tourinhos em terminação: desempenho e características de carcaça. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 36, n. 1, p. 183-190, 2007.

HOLDEN, L.A. Comparison of methods of in vitro dry matter digestibility for ten feeds. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 82, n. 8, p. 1791-1794, 1999.

KREIKEMEIER, K.K.; HARMON, D.L.; BRANDT JR., R.T.; NAGARAJA, T.G.; COCHRAN, R.C. Steam-rolled wheat diets for finishing cattle: Effects of dietary roughage and feed intake on finishing steer performance and ruminal metabolism. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 68, p. 2130-2141, 1990.

KRAUSE, D.O.; DENMAN, S.E.; MACKIE, R.I.; MORRISON, M.; RAE, A.L.; ATTWOOD, G.T.; MCSWEENEY, C.S. Opportunities to improve fiber degradation in the rumen: microbiology, ecology, and genomics. **FEMS Microbiology Reviews**, Amsterdam, v. 27, n. 5, p. 663-693, 2003.

LABRUNE, H.J.; REINHARDT, C.D.; DIKEMAN, M.E.; DROUILLARD, J.S. Effects of grain processing and dietary lipid source on performance, carcass characteristics, plasma fatty acids, and sensory properties of steaks from finishing cattle. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 86, p. 167–172, 2008.

LAMMERS, B.P.; BUCKMASTER, D.R.; HEINRICHS, A.J. A simple method for the analysis of particle sizes of forage and total mixed rations. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 79, n. 5, p. 922-928, 1996.

LEIBOVICH, J.; VASCONCELOS, J.T.; GALYEAN, M.L. Effects of corn processing method in diets containing sorghum wet distillers grains plus solubles on performance and carcass characteristics of finishing beef cattle and on in vitro fermentation of diets. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 87, p. 2124, 2009.

LEME, P.R.; SILVA, S.L.; PEREIRA, A.S.C.; PUTRINO, S.M.; LANNA, D.P.D.; NOGUEIRA FILHO, J.C.M. Utilização do bagaço de cana-de-açúcar e dietas com elevada proporção de concentrados para novilhos Nelore em confinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 32, n. 6, p. 1786-1791, 2003.

LILLIE, R.D.; FULMER, H.M. **Histopatologic technic and practical histochemistry**. New York: McGraw-Hill, 1976. 4942 p.

LUCHIARI FILHO, A. Carcaça bovina. In: _____. (Ed.). **Pecuária da carne bovina**. São Paulo: LinBife, 2000. p. 49-70.

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: 08 jan. 2015.

MACKEN, C.N.; ERICKSON, G.E.; KLOPFENSTEIN, T.J.; STOCK, R.A. Effects of concentration and composition of wet corn gluten feed in steam-flaked corn-based finishing diets. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 82, p. 2718-2723, 2004.

MARQUES, R.S. **Efeitos da variação dos níveis de forragem em dietas contendo grãos de milho inteiro e os benefícios da floculação 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 floculado em dietas de terminação de bovinos Nelore**. 2013. 90 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2013.

MAY, M.L.; QUINN, M.J.; DILORENZO, N.; SMITH, D.R.; GALYEAN, M.L. Effects of roughage concentration in steam flaked corn-based diets containing wet distillers grains with solubles on feedlot cattle performance, carcass characteristics, and in vitro fermentation. **Journal Animal Science**, Albany, v. 89, p. 549-559, 2011.

MCALLISTER, T.A.; GIBB, D.J.; BEAUCHEMIN, K.A.; WANG, Y. Starch type, structure and ruminal digestion. In: CATTLE GRAIN PROCESSING SYMPOSIUM, 2006, Tulsa. **Proceedings...** Tulsa: Oklahoma State University, 2006. p. 30-41.

NAGARAJA, T.G.; LECHTENBERG, K.F. Acidosis in feedlot cattle. **Veterinary Clinics of Food Animals Practice**, Philadelphia, v. 23, p. 333-350, 2007.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrients requirements of beef cattle**. 6th ed. Washington: National Academic Press, 1984. 90 p.

_____. **Nutrient requirements of beef cattle**. 7th ed. Washington: National Academic Press, 1996. 242 p.

_____. **Nutrient requirements of dairy cattle**. 7th ed. Washington: National Academic Press, 2001. 381p.

NUÑEZ, A.J.C. **Uso combinado de ionóforo e virginiamicina em novilhos Nelore confinados com dietas de alto concentrado**. 2008. 67 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2008.

OBA, M.; ALLEN, M. S. Effects of corn grain conservation method on ruminal digestion kinetics for lactating dairy cows at two dietary starch concentrations. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 86 p. 184-194, 2003.

OLIVEIRA, C.A.; MILLEN, D.D. Levantamento sobre as recomendações nutricionais e práticas de manejo adotadas por nutricionistas de bovinos confinados no Brasil: Informações gerais e adaptação. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 48., 2011, Belém. **Anais...** Belém: SBZ, 2011. 1 CD-ROM.

OWENS, F.N.; BASALAN, M. Limits to ruminal and post ruminal starch digestion and energetic efficiency. In: SIMPÓSIO SOBRE BOVINOCULTURA DE CORTE, 7., 2012, São Pedro. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, [2012] 1 CD-ROM.

OWENS, F.N.; SODERLUND, S. Ruminal and post ruminal starch digestions by cattle. In: CATTLE GRAIN PROCESSING SYMPOSIUM, 2006, Tulsa. **Proceedings...** Tulsa: Oklahoma State University, 2006. p. 116-128.

OWENS, F.N.; ZINN, R.A.; KIM, Y.K. Limits to starch digestion in the ruminant small intestine. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 63, n. 5, p. 1634-1648, 2006.

OWENS, F.N.; SECRIST, D.S.; HILL, W.J.; 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.

_____. Acidosis in cattle: a review. **Journal Animal Science**, Albany, v. 76, p. 275-286, 1998.

PACHECO, P.S.; RESTLE, J.; SILVA, J.H.S.; BRONDANI, I.L.; PASCOAL, L.L.; ALVES FILHO, D.C.; ARBOITTE, M.Z.; FREITAS, A.K. Composição física da carcaça e qualidade da carne de novilhos jovens e superjovens de diferentes grupos genéticos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 34, p. 1691-1703, 2005.

PARSONS, C.H.; VASCONCELOS, J.T.; SWINGLE, R.S.; DEFOOR, P.J.; NUNNERY, G.A.; SALYER, G.B.; GALYEAN, M.L. Effects of wet corn gluten feed and roughage levels on performance, carcass characteristics, and feeding behavior of feedlot cattle. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 85, p. 3079–3089, 2007.

PEREIRA, D.H.; PEREIRA, O.G.; VALADARES FILHO, S.C.; GARCIA, R.; OLIVEIRA, A.P.; MARTINS, F.H.; VIANA, V. Consumo, digestibilidade dos nutrientes e desempenho de bovinos de corte recebendo silagem de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) e diferentes proporções de concentrado. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 35, n. 1, p. 282-291, 2006.

PERES, S.M. **Processamento de grãos de milho do tipo flint ou duro e adequação proteica em rações para bovinos em terminação: desempenho animal e digestibilidade do amido.** 2011. 89 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2011.

PRESTON, K. Protein-carbohydrate interactions. In: R. Hamer, & R. C. Hosney (Eds.), *Interactions: The keys to cereal quality* (pp. 81-93). St Paul, MN: American Association of Cereal Chemists, 1998.

PRESTON, R.L.; MATULKA, L.A. **Influence of steps in the flaking process and flake density on starch availability and mineral content of sorghum grain.** Lubbock: Texas Tech Univ., Texas Tech Agric. Sci., 1994. 30 p. (Technical Report, T-5-342).

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, 2006. p. 150-154.

RESENDE JÚNIOR, J.C.; ALONSO, L.S.; PEREIRA, M.N. Effect of the feeding pattern on rumen wall morphology of cows and sheep. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 43, p. 526-536, 2006.

RIBEIRO, F.G.; LEME, P.R.; BULLE, M.L.M.; LIMA, C.G.; SILVA, S.L.; PEREIRA, A.S.C.; LANNA, D.P.D. Características de carcaça e qualidade da carne de tourinhos alimentados com dietas de alta energia. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 31, p. 749-756, 2002.

SAKATA, T.; TAMATE, H. Rumen epithelial cell proliferation accelerated by rapid increase in intra ruminal butyrate. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 61, p. 1109-1113, 1978.

SAKATA, T.; HIKOSAKA, K.; SHIOMURA, Y.; TAMATE, H. Stimulatory effect of insulin on ruminal epithelium cell mitosis in adult sheep. **British Journal of Nutrition**, London, v. 44, p. 325, 1980.

SANTOS, F.A.P.; CARARETO, R.; MARQUES, R.S. Processamento de grãos para bovinos de corte. In: *SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE BOVINOS*, 9., 2011, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2011. p. 403-432.

SANTOS, F.A.P.; DE SOUZA, J.; BATISTEL, F.; COSTA, D.F.A. In: *Encontro de confinamento*, 8., 2013, Jaboticabal. **Anais...** Jaboticabal: Maria de Lourdes Brandel - ME, 2013. p. 261-291.

SILVA, F.F.; VALADARES FILHO, S.C.; ÍTAVO, L.C.V et al. Consumo, desempenho, características de carcaça e biometria do trato gastrointestinal e dos órgãos internos de novilhos Nelore recebendo dietas com diferentes níveis de concentrado e proteína. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.31, p.1849-1864, 2002.

SITTA, C. **Aditivos (ionóforos, antibióticos não ionóforos e probióticos) em dietas com altos teores de concentrado para tourinhos da raça Nelore em terminação**. 2011. 87 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2011.

STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM. **SAS**: user's guide. Cary, 2002. 525 p.

TAYLOR, C. C.; ALLEN, M. S. Corn grain endosperm type and Brown Midrib 3 corn silage: Site of digestion and ruminal digestion kinetics in lactating cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.88, p.1413-1424, 2005.

VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2nd ed. Ithaca: Cornell University, 1994. 476 p.

WEISS, W.P.; CONRAD, H.R.; ST. PIERRE, N.R. A theoretically-based model for predicting total digestible nutrient values of forages and concentrates. **Animal Feed Science and Technology**, Philadelphia, v. 39, p. 95-110, 1992.

WELCH, J.G.; HOOPER, A.P. Ingestion of feed and water. In: CHURCH, D.C. (Ed.). **The ruminant animal: digestive physiology and nutrition**. Englewood Cliffs: Reston, 1988. p. 108-116.

WILES, P.G.; GRAY, I.K.; KISSLING, R.C. Routine analysis of protein by Kjeldahl and Dumas Methods: review and inter laboratory study using dairy products. **Journal of the AOAC International**, Gaithersburg, v. 81, p. 620-632, 1998.

YU, P. Effects of ground, steam-flaked, and steam-rolled corn grains on performance of lactating cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 81, p. 777-783, 1998.

ZINN, R.A. Influence of lasalocid and monensin plus tylosin on comparative feeding value of steam-flaked versus dry-rolled corn in diets for feedlot cattle. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 65, p. 256-266, 1987.

_____. Influence of tempering on the comparative feeding value of rolled and steam-flaked corn for feedlot steers. **Proceedings of the Western Section of the American Society of Animal Science**, Champaign, n. 39, p.386-391, 1988.

ZINN, R.A. Assessing effectiveness of grain processing from changes in estimates of dietary NE based on cattle growth-performance. In: SIMPÓSIO SOBRE BOVINOCULTURA DE CORTE, 7., 2012, São Pedro. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, [2012] 1 CD-ROM.

ZINN, R.A.; SHEN, Y. An evaluation of ruminal degradable intake protein and metabolizable amino acid requirements of feedlot calves. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 76, p. 1280-1289, 1998.

ZINN, R.A.; OWENS, F.N.; WARE, R.A. Flaking corn: processing mechanics, quality standards, and impacts on energy availability and performance of feedlot cattle. **Journal of Animal Science**, Albany, v.80, p. 1145-1156, 2002.

ZINN, R.A.; BARRERAS, A.; CORONA, L.; OWENS, F.N.; PLASCENCIA A. Comparative effects of processing methods on the feeding value of maize in feedlot cattle. **Nutrition Research Reviews**, Seoul, v. 24, n. 2, p. 183-190, 2011.

ZINN, R.A.; BARRERAS, A.; CORONA, L.; OWENS, F.N.; WARE, R.A. Starch digestion by feedlot cattle: Predictions from analysis of feed and fecal starch and nitrogen. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 85, p. 1727-1730, 2007.

4 MÉTODOS DE PROCESSAMENTO DE MILHO *FLINT* E CONCENTRAÇÕES DE FIBRA INSOLÚVEL EM DETERGENTE NEUTRO (FDN) DO BAGAÇO DE CANA NA DIETA DE BOVINOS EM TERMINAÇÃO: 2. DIGESTIBILIDADE DOS NUTRIENTES, PARAMETROS RUMINAIS E SANGUÍNEOS E DEGRADABILIDADE *IN VITRO*

Resumo

O objetivo deste trabalho foi avaliar os métodos de processamento de grãos de milho *flint* (moído com tamanho médio de partícula de 2,70 mm e floculado com densidade: 360 g/L) em combinação com 4; 7; 10 ou 13% (base da MS) de FDN do bagaço de cana (BIN), em dietas de bovinos confinados, sobre a digestibilidade dos nutrientes, parâmetros ruminais e sanguíneos e degradabilidade *in vitro*. Os 16 touros Nelore (PC=443,52±24,80kg) canulados no rúmen receberam dietas contendo 76-86% de milho e foram alocados aleatoriamente em 16 baias por dois períodos, em um arranjo fatorial 2 x 4. Foram colhidas amostras de fezes totais, líquido ruminal, sangue e urina. A síntese microbiana foi estimada com base no método de derivados de purina. Durante o período de avaliação a quantidade de dieta oferecida foi restringida a 85% da ingestão anterior *ad libitum*. Os dados foram analisados pelo PROC MIXED do SAS, considerando o bloco como efeito aleatório e método de processamento de grãos de milho, concentrações de FDN do BIN e método de processamento de grãos de milho * concentrações de FDN do BIN como efeito fixo. Efeitos linear e quadrático foram testados para concentrações de FDN de volumoso (FDNv) na dieta. Não houve interações entre processamento de milho e concentrações dietéticas de FDNv. A floculação do milho *flint* tendeu a diminuir IMS, reduziu a digestibilidade aparente da FDN e da proteína bruta (PB), mas aumentou a digestibilidade aparente da MS, dos carboidratos totais (CHOT), dos carboidratos não fibrosos (CNF) e do amido. A floculação também aumentou a concentração de NDT das dietas, mas não houve efeito sobre o consumo de NDT. Também houve aumento na concentração de propionato no rúmen e na eficiência microbiana e diminuição nas concentrações de butirato, na relação acetato:propionato, tendência de redução na concentração de acetato, redução na N-NH₃ no rúmen, na ingestão de N, no N ureico no plasma (NUP), no N na urina e na excreção de N total com a floculação. A floculação reduziu o *lag time*, e gerou maior volume final da degradação de CNF e maior taxa de degradação de CNF. O aumento do teor de volumoso nas dietas causou uma resposta quadrática para IMS e diminuição linear na digestibilidade aparente da MS, dos CHOT e não causou efeito sobre a digestibilidade aparente da FDN, CNF, PB, extrato etéreo e amido. Com o aumento do FDNv na dieta houve tendência de aumento linear no pH médio do rúmen e diminuição linear na concentração de propionato e AGV total, também causou um efeito quadrático na ingestão e absorção de N. O tempo de ruminação e mastigação aumentaram linearmente quando o volumoso foi aumentado na dieta. Parâmetros sanguíneos não foram influenciados pelos níveis de FDN do BIN. Em conclusão a floculação foi superior à moagem em melhorar a digestibilidade da MS, em aumentar a energia do milho e das dietas e em melhorar o metabolismo de N. Aumentos nos teores de FDNv estimulam a ruminação, mas diminui a eficiência da produção de energia no rúmen.

Palavras-chave: Milho floculado; Níveis de fibra; Confinamento

Abstract

The objective of this experiment was to evaluate processing methods of flint corn grain (ground corn, particle size: 3,18 mm and steam-flaked corn with bulk density of 360 g/L) combined with dietary contents of 4; 7; 10 or 13% roughage NDF (DM basis) sugarcane bagasse NDF, in finishing diets of bovine feedlot. Sixteen Nellore bulls (BW=443,52±24,80 kg) fitted with rumen cannula, were fed diets containing 76-86% corn and randomly allocated to 16 pens for two periods in a 2 x 4 factorial arrangement. Were collected samples of total feces, rumen, blood and urine. Microbial synthesis was estimated based on the purine derivative method. During the collection period the amount of diet offered was restricted to 85% of previous ad libitum intake. The data were analyzed using PROC MIXED of SAS considering the block as random effect and corn grain processing method, roughage NDF and corn grain processing method * roughage NDF effects. Linear and quadratic effects were tested for dietary concentrations of roughage NDF. There were no interactions between corn processing and dietary concentrations of sugarcane bagasse NDF. Steam flaking of flint corn tended to decrease DMI, it decreased AD of NDF (and of crude protein, but it increased AD of DM of TCHO, of NFC and of starch. Steam flaking increased dietary TDN concentration but had no effect on TDN intake. Increasing roughage NDF content of the diets caused a quadratic response for DMI and a linear decrease for AD of DM of TCHO and had no effect on AD of NDF, NFC, CP, EE and starch. Steam-flaking increased rumen propionate and decreased butyrate and N-NH₃ concentrations. Steam-flaking decreased N ingestion, PUN, urine and total N excretion and increased microbial efficiency. Increasing dietary sugarcane bagasse NDF tended to increase linearly rumen pH and decreased linearly rumen propionate and total VFA. The steam-flaking reduced the lag time, and had higher final volume of NFC degradation and higher NFC degradation rate. Increasing bagasse NDF caused a quadratic effect on N ingestion and absorption. Rumination and mastication time were increased linearly as roughage NDF was increased. Blood parameters were not affected by bagasse NDF level. In conclusion, steam-flaking of flint corn improves the energy value of corn and feeding and N metabolism of beef cattle. Feeding increasing levels of bagasse NDF stimulates rumination but it decreases the efficiency of energy production in the rumen.

Keywords: Feedlot; Steam-flaked corn; Levels of fiber

4.1 Introdução

O efeito do processamento sobre a utilização do amido de grãos de cereais por bovinos confinados tem sido extensivamente revisado (OWENS et al., 1997; OWENS; SODERLUND, 2006; McALLISTER et al., 2006; OWENS; BASALAN, 2012b). Geralmente, o processamento está associado com aumento da eficiência de utilização de nutrientes pelos microrganismos ruminais e do trato total dos animais.

Quando o milho é a fonte primária ou exclusiva de amido na dieta, a concentração de amido nas fezes (% de MS) de bovinos confinados pode servir como um indicador da digestão total do amido (ZINN; OWENS; WARE, 2002). Essa relação

estreita entre amido fecal e digestibilidade do amido no trato total foi confirmada ($R^2=0,97$) por Corona et al. (2005).

A proporção de AGV (ácidos acético, propiônico e butírico) que são produzidos no rúmen é um reflexo da composição do substrato utilizado pelos microrganismos ruminais. Murphy, Baldwin e Koong (1982) mostraram diferenças importantes nas concentrações de AGV produzidos a partir de carboidratos estruturais ou carboidratos não estruturais. Concentrações estas, que foram refletidas pela taxa de degradação de carboidratos. Nocek e Tamminga (1991) também relataram diferenças na taxa de degradação entre os diferentes tipos de amido e nos padrões de concentrações de AGV no rúmen de vacas leiteiras alimentadas com diferentes fontes de amido.

Nesse sentido, presume-se também haver diferenças nas concentrações de AGV no rúmen de bovinos confinados com dietas contendo grãos processados através de métodos distintos de processamento, em função de diferenças na taxa de degradação do amido. Essa hipótese foi confirmada nos trabalhos de Galyean et al. (1976); Zinn (1987) e Corona et al. (2005) comparando milho floculado com milho laminado a seco e milho inteiro. Ficou evidenciado que o milho floculado promoveu diminuição na proporção molar de acetato, butirato e na relação acetato:propionato e aumentou a proporção molar de propionato no rúmen em comparação com os outros dois métodos de processamento.

O pH ruminal é influenciado pela quantidade e/ou qualidade do FDN ingerido, refletindo no balanço entre a produção de AGV e secreção de tamponantes presentes na saliva. A concentração de grãos da dieta é normalmente aumentada para satisfazer as necessidades de energia, mas este aumento reduz o teor de fibra da ração total, o qual está associado com redução da atividade ruminação e secreção de saliva (SUDWEEKS et al., 1981), diminuição na digestão da fibra (MERTENS; LOFTEN, 1980) e redução na proporção acetato:propionato no rúmen (LATHAM; SUTTON; SHARPE, 1974).

O pH ruminal também pode modificar a atividade microbiana e suas funções no processo digestivo. Tem sido observado em estudos *in vitro* que a eficiência de síntese de proteína microbiana é reduzida, quando o pH é inferior a 6,0 (STROBEL; RUSSELL, 1986), sobretudo das bactérias fermentadoras de carboidratos fibrosos (SANTOS, 2006). Hoover e Stokes (1991) revisaram trabalhos na literatura e reportaram que a redução do pH de 6,5 para 5,5 diminuiu a eficiência de síntese microbiana, particularmente a partir de xilanas e pectinas.

A finalidade deste estudo foi avaliar o uso de rações contendo grãos de milho *flint* fornecido moído grosso ou floculado, diferentes concentrações de fibra insolúvel em detergente neutro do BIN e suas interações sobre a digestibilidade dos nutrientes, parâmetros ruminais e sanguíneos e degradabilidade *in vitro* das dietas.

4.2 Material e Métodos

O experimento foi aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais – CEUA-ESALQ/USP.

O experimento foi conduzido nas instalações de confinamento de bovinos de corte do Departamento de Zootecnia da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ/USP), localizada no município de Piracicaba/SP.

Foram utilizados 16 touros da raça Nelore (PC inicial $443,52 \pm 24,52$ kg), canulados no rúmen e alocados aleatoriamente em 16 baias (32m², cobertas e com piso de concreto).

O delineamento experimental utilizado foi de reversão do tipo “*switch-back*” composto de 2 períodos em um arranjo fatorial 2 x 4.

No período 1, os 16 animais foram sorteados para os tratamentos, totalizando 8 tratamentos e 2 repetições. Para o período 2 foi feito novo sorteio dos animais para os tratamentos, garantindo que cada animal fosse alocado em tratamentos distinto do período 1. Dessa forma, obteve-se 4 repetições por tratamento com animais diferentes. Entre os períodos 1 e 2 foi concedido um intervalo de 8 dias de descanso para os animais, onde todos receberam a mesma ração (contendo 15,1% de bagaço de cana e 76% de milho moído).

Antecedendo o período experimental todos os 16 animais foram submetidos a um período de adaptação de 21 dias às instalações e às dietas com teores altos de concentrado, partindo de uma ração com 30% de bagaço de cana *in natura* (BIN) (equivalente a 25,8% de fibra em detergente neutro de BIN (FDNv) nos primeiros 7 dias, passando para 20% de BIN (equivalente a 17,2% de FDNv) do 8º ao 14º dia e por fim, 15,1% de BIN (equivalente a 13,0% de FDNv) do 15º ao 21º dia de adaptação.

Cada período experimental foi constituído de 20 dias, sendo os 11 dias iniciais destinados a adaptação dos animais às dietas experimentais e os 9 dias finais destinados às avaliações experimentais. Ao todo foram 69 dias de experimento, iniciado dia 09 de setembro de 2013 e concluído dia 15 de novembro de 2013.

Foram avaliados 4 concentrações de FDN do BIN (4,0; 7,0; 10,0 e 13,0% da MS) e 2 métodos de processamento de grãos (milho moído grosso ou milho floculado) nas dietas experimentais (Tabela 1).

Tabela 1 - Ingredientes e composição química das dietas experimentais

Ingredientes ¹	Tratamentos							
	Concentrações de FDN de bagaço de cana <i>in natura</i> (% MS)							
	Milho Moído				Milho Floculado			
	4	7	10	13	4	7	10	13
BIN, %	4,70	8,10	11,6	15,1	4,70	8,10	11,6	15,1
Milho, %	86,7	83,2	79,6	76,0	86,7	83,2	79,6	76,0
Farelo de Soja, %	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
Min/Vit ² , %	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50
Uréia, %	1,15	1,25	1,30	1,40	1,15	1,25	1,30	1,40
PB ³ , %	13,4	13,5	13,4	13,4	12,0	12,1	12,1	12,2
PDR, % da PB	61,7	62,6	63,2	64,2	62,9	63,9	64,5	65,5
FDN ³ , %	18,0	20,0	23,0	25,0	14,0	17,0	19,0	22,0
NDT aparente ⁴ , %	84,0	80,0	80,0	77,0	87,0	84,0	85,0	81,0
NDT estimado ⁵ , %	81,0	79,0	78,0	76,0	86,0	84,0	82,0	80,0

¹ BIN = bagaço de cana *in natura*; Min/Vit = minerais e vitaminas; PB = proteína bruta; PDR = proteína degradável no rúmen; FDN = Fibra insolúvel em detergente neutro; NDT = Nutrientes digestíveis totais.

² Níveis de garantia por kg: Cálcio (mínimo) 210 g/kg, Cálcio (máximo) 260 g/kg, Fósforo (mínimo) 20 g/kg, Sódio (mínimo) 50 g/kg, Potássio (mínimo) 70 g/kg, Enxofre (mínimo) 20 g/kg, Magnésio (mínimo) 10 g/kg, Cobre (mínimo) 350 mg/kg, Zinco (mínimo) 1800 mg/kg, Manganês (mínimo) 1000 mg/kg, Selênio (mínimo) 12 mg/kg, Cobalto (mínimo) 35 mg/kg, Iodo (mínimo) 30 mg/kg, Flúor (máximo) 200 mg/kg, Vitamina A (mínimo) 160000 UI/kg, Vitamina D3 (mínimo) 12000 UI/kg, Vitamina E (mínimo) 1500 UI/kg, Monensina sódica (mínimo) 1100 mg/kg.

³ Valores de PB e FDN baseados na composição química dos ingredientes analisados

⁴ Estimado com base na digestibilidade aparente dos nutrientes das rações (Sniffen et al. (1992))

⁵ Estimado pelo NRC (1996) nível 1, com base no NDT dos ingredientes da ração (estimado utilizando a equação de Weiss; Conrad; St. Pierre (1992)). Foram adotados os fatores de ajuste de processamento dos carboidratos não fibrosos (CNF) de 0,95 para o milho moído grosso e 1,04 para o milho floculado e o farelo de soja (NRC, 2001).

Durante o período experimental, os animais foram alimentados uma vez ao dia pela manhã (8 horas). Os ingredientes das dietas foram pesados e misturados manualmente nos cochos. O consumo voluntário da dieta foi registrado diariamente, através da pesagem da quantidade de alimento oferecido e das sobras de alimento. A oferta de alimento foi regulada para manter no máximo 3% de sobras. Os bebedouros foram drenados e lavados semanalmente e o piso das baias foi raspado a cada 10 dias com o auxílio de um trator provido de lamina.

O milho moído grosso foi adquirido da Cooperativa dos Plantadores de Cana do Estado de São Paulo, processado em moinho de martelo com peneira de 8 mm. O milho floculado foi adquirido de confinamento comercial, tendo sido processado da seguinte forma: a) tempo de vapor entre 30 a 40 minutos; b) rolos ajustados para produzir flocos com densidade de 360 g/L. A medida de densidade dos flocos foi tomada imediatamente após a passagem pelos rolos, em recipiente graduado para volume de 1 L.

Amostras do milho moído e floculado foram colhidas semanalmente e armazenadas a -20°C. Posteriormente, as amostras foram compostas por mês para determinação do tamanho médio de partícula (TMP) segundo metodologia descrita por Yu et al. (1998) (Tabela 2). Amostras do milho floculado também foram colhidas a cada 3 dias para determinação da matéria seca (MS) e aferir a quantidade dos ingredientes da ração.

Tabela 2 – Vitreosidade (%), tamanho médio (mm) e distribuição do tamanho de partículas (%) dos milhos moído e floculado

Item	Grãos de milho	
	Moído	Floculado
Distribuição do tamanho de partículas	%	%
>6,0 mm	7,29	60,98
6,0-3,5 mm	16,76	20,03
3,5-2,0 mm	27,54	9,26
2,0-1,25 mm	28,83	3,64
<1,25 mm	19,58	6,10
Tamanho médio de partícula¹	2,70 mm	8,90 mm
Vitreosidade, %	75,14	69,88

¹ Determinado pela somatória dos produtos da multiplicação da porcentagem retida e do tamanho médio das partículas de cada peneira, que era obtido através da média do diâmetro dos furos da peneira em questão e do diâmetro dos furos da peneira acima. Adotou-se o tamanho de 0,625 mm para as partículas retidas no fundo (<1,25mm) e para as partículas retidas na peneira de 6 mm, as médias foram estimadas através das medidas de 20 partículas utilizando-se de paquímetro digital.

Para determinação da vitreosidade dos grãos de milho, amostras do grão íntegro utilizadas para moagem e floculação, foram colhidas sempre que um carregamento de milho era enviado ao Departamento de Zootecnia da ESALQ. As amostras foram armazenadas a -20°C, para posterior determinação da vitreosidade

conforme metodologia descrita por Dombrink-Kurtzman e Bietz (1993) através de dessecação manual de 50 grãos inteiros para cada uma das formas de processamento (Tabela 2).

O bagaço de cana-de-açúcar utilizado no experimento foi adquirido da usina Granelli localizada no município de Charqueada/SP e foi entregue no local do experimento, depositado no chão e coberto com lona plástica sempre que havia possibilidade de chuva no local. Foram colhidas amostras de aproximadamente 300 gramas a cada 7 dias a fim de determinar o tamanho médio de partícula (TMP) (Tabela 3) e a cada 3 dias para determinação da matéria seca (MS) (12 horas em estufa a 105°C) e com isso aferir a quantidade dos ingredientes da ração.

O TMP foi calculado com base na metodologia da estratificação em peneiras conforme descrito pelo método *Penn State Particle Size Separator* (LAMMERS; BUCKMASTER; HEINRINCHS, 1996). O método consiste de duas peneiras, com diâmetros de 19 e 8 mm de porosidade e uma caixa de fundo. Para determinação mais precisa do TMP do BIN, o resíduo retido na caixa de fundo foi transferido para um outro jogo de peneiras com malha de 3,5; 2 e 1,25 mm de diâmetros. Cada amostra foi estratificada por meio de agitações sistematizadas e o TMP foi determinado mediante cálculo ponderal da massa retida e do tamanho médio das partículas em cada peneira. Para isso, o comprimento médio das partículas retidas na peneira superior, foi determinado utilizando-se de paquímetro digital e adotou-se o tamanho de 0,625 mm para as partículas retidas no fundo (<1,25mm) (Tabela 3).

Tabela 3 - Tamanho médio e distribuição do tamanho de partículas do bagaço de cana *in natura* (BIN) nos meses de setembro a novembro de 2013

Tamanho de partícula (BIN)	Setembro %	Outubro %	Novembro %	Média Geral, %
>19,0 mm	6,31	5,45	5,94	5,90
19,0-8,0 mm	39,55	46,32	43,20	43,02
8,0-3,5 mm	11,23	9,76	11,98	10,99
3,5-1,25 mm	27,87	26,44	28,38	27,56
<1,25 mm	15,04	12,03	10,50	12,52
Tamanho médio de partícula¹	8,41 mm	8,89 mm	8,62 mm	8,64 mm

¹ O TMP foi calculado com base na metodologia descrita por Lammer; Buckmaster e Heinrinchs (1996). Adotou-se o tamanho de 0,625mm para a as partículas retidas no fundo (<1,25mm).

Amostras dos ingredientes utilizados nas rações foram colhidas no 1º e no 6º dia de cada período experimental e durante 6 dias finais do período de avaliações, armazenadas à -20°C para posteriores análises químicas. Após o término do experimento as amostras foram pré-secadas em estufa com ventilação forçada (55°C) por 72 horas e compostas, formando amostras homogêneas de cada ingrediente, então foram moídas em moinhos tipo “Wiley” providos de peneiras de 1,0 mm.

As análises químicas foram realizadas no laboratório de Bromatologia do Departamento de Zootecnia da ESALQ/USP. Para a determinação dos teores de MS dos ingredientes, estes foram colocados em estufa de circulação forçada a 105°C por 12 horas e a matéria mineral (MM) através da incineração das amostras em mufla a 550°C por 4 horas (ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC, 1990).

Os teores de fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e lignina foram determinados, de acordo com Van Soest; Robertson e Lewis (1991) com auxílio do analisador de fibra modelo ANKON Fiber Analyzer (ANKON® Technology Corp.), conforme descrito por Holden (1999). Para a análise de FDN foi adicionado sulfito de sódio e amilase termoestável e os valores obtidos foram corrigidos para cinzas após a incineração dos sacos. Na determinação de lignina foi utilizado ácido sulfúrico (H₂SO₄) a 72%. Os valores de nitrogênio total foram obtidos com base na combustão das amostras pelo analisador da marca LECO®, modelo FP-528 (Leco Corporation, St. Joseph, MI, USA) de acordo com Wiles, Gray e Kissling (1998), com temperatura para combustão de 835°C. O teor de proteína bruta (PB) foi obtido por meio da multiplicação do teor de nitrogênio total por 6,25. O extrato etéreo foi mensurado a partir da extração com éter de petróleo por um período de 5 horas conforme Association of Official Analytical Chemists - AOAC, (1990).

No 12º dia de cada período experimental foram tomadas medidas de comportamento animal dos 16 animais. As observações visuais dos animais foram feitas a cada dez minutos, por observadores treinados, posicionados estrategicamente de forma a não incomodar os animais, totalizando 144 observações por animal no período de 24 horas nas atividades de alimentação, ruminação e ócio. Os tempos de mastigação total foram obtidos somando-se os tempos de ruminação e alimentação.

A partir do 13º dia de cada período, a quantidade oferecida das dietas foi restringida a 85% da média de consumo dos últimos 5 dias, a fim de se evitar sobras (ZINN, 1990).

No 15º dia de cada período, 4 horas após o fornecimento das dietas, amostras de sangue foram colhidas de cada animal através de punção na veia coccígea para a determinação dos teores plasmáticos de glicose e ureia. As amostras foram armazenadas em tubos de ensaio a vácuo contendo 5 mg de fluoreto de sódio como anticoagulante e 5 mg EDTA K3 como antiglicolítico, foram centrifugadas a 3.000 x g por 20 minutos a uma temperatura de 4°C para obtenção de plasma, em seguida, as amostras de plasma foram acondicionadas em tubos de 2 mL do tipo “ependorff” e congeladas a -20°C.

A concentração plasmática de glicose foi determinada pelo método enzimático-colorimétrico da glicose-oxidase, com a utilização de kit comercial Glicose Enzimática Líquida marca Doles, por espectrofotometria, com filtro de absorbância de 510 nm.

A ureia plasmática foi determinada pelo método enzimático-colorimétrico a partir do kit enzimático Ureia CE marca Labteste (Ref. 27 - LABTEST Diagnóstica S.A.) por espectrofotometria, com filtro de absorbância de 600 nm conforme recomendação do fabricante (manual de instruções de uso).

Ainda no 15º dia de cada período, foi colhida uma amostra (spot) de urina por animal, 4 horas após o fornecimento das dietas para estimar a síntese de proteína microbiana (CHEN; GOMES, 1992; VALADARES et al., 1999; PIMPA et al., 2001; CHIZZOTTI, 2004). As amostras de urina foram acidificadas com ácido sulfúrico 0,072 N (1V urina / 4V ácido) conforme Broderick e Reynal (2009) para evitar a destruição bacteriana dos derivados de purinas e a precipitação do ácido úrico, e então congeladas (-20°C) para posterior análise.

As análises de purinas foram realizadas pelo Laboratório de Nutrição Animal do Centro de Energia Nuclear na Agricultura (LNA/CENA-USP), em que foram determinadas as concentrações de alantoína, creatinina e ácido úrico por cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC). As amostras foram centrifugadas a 2000 RPM. Dois mL do sobrenadante foram transferidos para outro frasco, onde foram adicionados 2,75 mL do tampão A (solução de $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ 0,0025M) e 0,25 mL de padrão de oxipurinol. Após homogeneização em vórtex, 1 mL da solução foi filtrado em membrana PTFE 0,45 µm e as amostras foram armazenadas em *vials* para análise cromatográfica.

A excreção de creatinina (EC) foi utilizada para estimar o volume de urina produzido diariamente, assumindo-se que a excreção diária de creatinina é função

constante do peso do animal. Dessa forma, a excreção de creatinina por unidade de peso corporal será estimada segundo a equação proposta por Chizzotti (2004):

$$EC = 32,27 - 0,01093 \times PC$$

Em que,

EC = excreção diária de creatinina (mg/Kg PC);

PC = peso corporal (Kg)

O volume de urina foi estimado por intermédio da relação entre concentração de creatinina na urina e sua excreção por unidade de peso corporal.

$$\text{Volume de Urina (L/dia)} = \frac{\text{Excreção diária de creatinina (mmol/dia)}}{\text{Concentração de creatinina na urina (mmol/L)}}$$

A excreção de purina total (PT) foi calculada pela soma das quantidades de alantoína e ácido úrico excretado na urina, expressas em mmol/dia.

A quantidade de purinas microbianas absorvidas (Pabs) (mmol/dia) foram calculadas a partir da excreção de derivados de purina (mmol/dia), por meio da equação descrita por Pimpa et al. (2001) para Zebuínos:

$$Pabs = PT - 0,147 \times PC^{0,75} / 0,85$$

Onde,

Pabs = purinas absorvidas (mmol/dia);

PT = purinas totais (mmol/dia);

0,85 = recuperação de purinas absorvidas como derivados urinários de purinas;

0,147 = excreção endógena de derivados de purina na urina (mmol) por unidade de tamanho metabólico.

O fluxo intestinal de compostos nitrogenados microbianos (Nmic g/dia) foi calculado em função das purinas microbianas absorvidas (Pabs mmol/dia), utilizando a equação proposta por Chen e Gomes (1992):

$$Nmic \text{ (g/dia)} = 70 \times Pabs / 0,83 \times 0,0116 \times 1000$$

Onde,

Pabs = purinas absorvidas (mmol/dia);

70 = conteúdo de nitrogênio nas purinas (mg/mmol);

0,83 = digestibilidade intestinal das purinas microbianas;

0,116 = relação N purina: N total nas bactérias

O valor de N microbiano foi multiplicado por 6,25 para obter-se a síntese de proteína microbiana.

$$PBmic \text{ (g/dia)} = Nmic \times 6,25$$

A eficiência microbiana foi calculada como a razão entre a síntese microbiana e a quantidade de NDT consumido, conforme equação abaixo:

$$\text{Eficiência microbiana (\%)} = (PBmic \text{ (g/dia)} / \text{consumo de NDT (g/dia)}) \times 100$$

A análise de nitrogênio na urina foi realizada no laboratório de nutrição animal da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ/USP), segundo a metodologia de proposta por Kjeldahl (AOAC, 1990). As amostras de fezes foram analisadas para determinação da concentração de nitrogênio, por combustão de Dumas (LECO®, modelo FP-528 (Leco Corporation, St. Joseph, MI, USA) de acordo com Wiles; Gray e Kissling (1998).

A partir da concentração de nitrogênio, da produção total de fezes e do volume total de urina, foram estimadas as excreções diárias (g) de nitrogênio na urina e nas fezes.

A partir dos valores encontrados oriundos do consumo de nitrogênio (N), do N excretado na urina e nas fezes, foi possível obter o teor de N retido (g/dia) e do N retido (% N consumido), N excretado (g/dia) e N absorvido (g/dia):

$$N_{\text{excretado}} \text{ (g/dia)} = N_{\text{urina}} \text{ (g/dia)} + N_{\text{fezes}} \text{ (g/dia)}$$

$$N_{\text{absorvido}} \text{ (g/dia)} = N_{\text{ingerido}} \text{ (g/dia)} - N_{\text{fezes}} \text{ (g/dia)}$$

$$N_{\text{retido}} \text{ (g/dia)} = N_{\text{ingerido}} \text{ (g/dia)} - N_{\text{fezes}} \text{ (g/dia)} - N_{\text{urina}} \text{ (g/dia)}$$

$$N_{\text{retido}} \text{ (\%N ingerido)} = N_{\text{retido}} \text{ (g/dia)} / N_{\text{ingerido}} \text{ (g/dia)} \times 100$$

$$N_{\text{retido}} \text{ (\% do N absorvido)} = N_{\text{absorvido}} \text{ (g/dia)} - N_{\text{urina}} \text{ (g/dia)} / N_{\text{absorvido}} \text{ (g/dia)} \times 100$$

No 16º dia de cada período foram colhidos aproximadamente 100 mL de líquido ruminal na região ventral do rúmen as 0, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 16, 24 horas após o

fornecimento da dieta com auxílio de cano de PVC, perfurado nos 10 cm finais, acoplado em uma mangueira plástica conectada ao bico de uma piceta, que possibilitava a formação de vácuo capaz de succionar o líquido ruminal para o interior da piceta. Imediatamente o líquido ruminal foi homogeneizado e seu valor de pH mensurado através da leitura em potenciômetro digital.

Em seguida, outras duas alíquotas de 50 mL deste líquido ruminal foram acidificadas com 1 mL de ácido sulfúrico 50% (BRODERICK; REYNAL, 2009) e congeladas (-20°C), em dois recipientes separados, para posteriores análises de nitrogênio amoniacal (N-NH₃) e ácidos graxos voláteis (AGV).

As amostras de fluido ruminal foram descongeladas em temperatura ambiente e centrifugadas a 15.000 x g por 30 minutos para separar o sobrenadante das partículas do conteúdo ruminal. O sobrenadante foi analisado para AGV, por cromatografia em fase gasosa (ERWIN et al., 1961), e N-NH₃, de acordo com Chaney e Marbach (1962).

Nos dias 17, 18, 19 e 20 de cada período, foram colhidas amostras de fezes (300 g), obtidas diretamente do reto de cada animal, para determinação da composição química fecal. Foram colhidas 2 amostras por dia nos 3 primeiros dias e 1 amostra no quarto dia de amostragem. As colheitas foram adiantadas 2 horas a cada dia, resultando nos seguintes horários: 6 horas; 8 horas; 10 horas; 12 horas; 14 horas; 16 horas e 18 horas, para que um possível efeito da variação diurna na excreção do amido e outros nutrientes fossem evitados. As amostras foram acondicionadas em sacos plásticos, identificadas e pesadas, reservando uma subamostra (10% do total) para determinação da matéria seca, em seguida, foram colocadas em caixa de isopor com gelo seco (-78°C) e encaminhadas ao laboratório para congelamento (-20°C). Posteriormente as amostras foram descongeladas, compostas por animal e período, secas a 55°C até atingirem peso constante para determinação dos teores de matéria seca (MS), cinzas e extrato etéreo de acordo com Association of Official Analytical Chemists - AOAC, (1990), amido conforme Bach Knudsen (1997), FDN segundo Van Soest, Robertson e Lewis (1991), com adição de sulfito de sódio e de amilase termoestável. Os valores obtidos foram corrigidos para cinzas. A concentração de proteína bruta (PB) foi obtido com base na combustão das amostras pelo analisador da marca LECO® modelo FP-528 com temperatura para combustão de 835°C conforme descrito por Wiles, Gray e Kissling (1998).

Para a determinação da produção total de fezes foram feitas colheitas totais das mesmas durante 4 dias, em intervalo de 6 horas, diretamente no piso de concreto, nos dias 17, 18, 19 e 20 de cada período. As fezes eram imediatamente pesadas, homogeneizadas, retirando-se uma amostra de 10 % da quantidade produzida para determinação da matéria seca. A quantidade de fezes colhidas diretamente do reto de cada animal para análises químicas também foi somada ao total de fezes recolhidas de cada baia para determinação de fezes total.

As digestibilidades aparentes da MS, PB, FDN (FDN corrigida para cinzas e proteína) carboidratos totais (CHOT), carboidratos não fibrosos (CNF) e EE presentes na dieta foram estimadas utilizando os valores individuais de consumo, excreção fecal e da concentração dos nutrientes nos alimentos e fezes, conforme equação apresentada abaixo:

$$\text{DAN (\%)} = (\text{MSI} \times \text{NMS}) - (\text{MSF} \times \text{NMF}) / (\text{MSI} \times \text{NMS}) \times 100$$

Onde,

DAN (%) = Digestibilidade aparente dos nutrientes

MSI (kg/dia) = Matéria seca ingerida

MSF (kg/dia) = Matéria seca fecal

NMS (%) = Nutriente na matéria seca ingerida

NMF (%) = Nutriente na matéria seca fecal

A ingestão de NDT das dietas foi calculada segundo Sniffen et al. (1992):

$$\text{Ingestão de NDT} = \text{PBd} + 2,25 \times \text{EEd} + \text{CHOTd}$$

Onde:

NDT = Nutrientes digestíveis totais

PBd = PB ingerida – PB fecal

EEd = EE ingerido – EE fecal

CHOTd = CHOT ingerido – CHOT fecal

Os valores de carboidratos não fibrosos (CNF) e carboidratos totais (CHOT) ingeridos e nas fezes foram calculados como sendo:

$$\text{CNF (\%)} = 100 - (\% \text{PB} + \% \text{FDN} + \% \text{EE} + \% \text{MM})$$

$$\text{CHOT (\%)} = 100 - (\% \text{PB} + \% \text{EE} + \% \text{MM})$$

O NDT (%) foi calculado como sendo:

$$\text{NDT (\%)} = \text{ingestão de NDT} / \text{ingestão de MS} \times 100$$

Os valores energéticos dos grãos de milho processados pelos diferentes métodos foram estimados de acordo com as equações propostas por Zinn et al. (2002).

$$(1) \text{ELmMilho} = 2,49 - 0,0127 \times \text{AF} - 0,000292 \times \text{AF}^2$$

$$(2) \text{ELgMilho} = 0,877 \times \text{ELmMilho} - 0,41$$

Em que,

ELmMilho = energia líquida para manutenção do milho (Mcal/dia)

ELgMilho = energia líquida para ganho do milho (Mcal/dia)

AF = amido fecal (% da MS).

Foi estimada a taxa de degradação *in vitro* das dietas usando o método semi-automático da produção cumulativa de gases, segundo Mauricio et al. (1999). Foram incubadas as dietas ofertadas durante os períodos de coleta, totalizando 8 tratamentos e quatro repetições. O inóculo ruminal foi obtido de dois animais, e foi incubado, em vidros com volume de 160 mL, com 1 g de amostra, sendo utilizadas 90 mL de meio de cultura e 10 mL de inóculo, com quatro repetições por tratamento em cada horário.

A pressão dos gases produzidos foi medida nos tempos 1, 2, 3, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 17, 20, 24, 28, 36, 48, 72, 96 e 120 horas após a incubação, mediante o uso de um transdutor-medidor de pressão (AGRICER / AG100, Laboratório de Produção de Gases/ ESALQ/USP). Do valor obtido em cada leitura foi subtraída a pressão obtida de vidros sem substrato (branco). O volume final de gás da degradação de carboidratos fibrosos (VfCF), volume final de gás da degradação de carboidratos não fibrosos (VfCNF), *lag time* (L), taxa de degradação de carboidratos fibrosos e não fibrosos (KdCF e KdCNF, respectivamente) foi estimada de acordo com o modelo logístico bicompartimental proposto por Pell e Schofield (1993).

Os valores de desaparecimento da FDN foram ajustados por modelos não lineares pelo PROC NLIN do pacote estatístico SAS (2002) para determinação das frações B e C, taxa de degradação da fração B (kd) e fase de latência discreta (*“lag time”*).

Os dados foram testados antes da análise geral final, na intenção de assegurar que todas as premissas da análise de variância fossem respeitadas. Os dados foram analisados por meio do pacote estatístico do SAS (SAS, 2002), por meio do Proc MIXED. O modelo incluiu como efeitos fixos o processamento do milho, as concentrações de FDNv e a interação processamento * concentrações de FDNv. Como efeito aleatório o modelo considerou os efeitos de período, animal e animal (período). Os dados de pH, AGV e amônia foram avaliados como medidas repetidas no tempo. Em ambas as análises, a matriz de covariância foi escolhida baseada nos parâmetros de Akaike (AIC). As médias foram geradas pelo LSMEANS e contrastes ortogonais (linear e quadrático) foram testados para avaliar o efeito de concentrações de FDNv. Para as estimativas das taxas de degradação *in vitro* das dietas o modelo incluiu como efeitos fixos o processamento do milho, as concentrações de FDNv e a interação processamento * concentrações de FDNv. Como efeito aleatório o modelo considerou a fonte de inóculo. As médias foram geradas pelo LSMEANS e contrastes ortogonais (linear e quadrático) foram testados para avaliar o efeito de concentrações de FDNv.

4.3 Resultados e Discussão

Na tabela 4 são exibidos os valores de composição química dos ingredientes das rações experimentais.

A composição química do milho floculado (Tabela 4) pode não refletir a composição química real desse produto. Uma vez que, a amostragem foi realizada semanalmente e partículas finas do milho floculado podem ter se separado dos flocos afetando a integridade da amostra obtida.

Tabela 4 - Composição Química dos ingredientes das dietas experimentais

Item ¹	Ingredientes			
	Milho moído	Milho floculado	Farelo de soja	BIN ²
MS, %	88,41	84,79	89,20	47,88
PB, % MS	8,72	7,06	50,78	2,07
EE, % MS	5,24	3,78	1,89	0,41
Cinzas, % MS	1,45	0,82	6,26	3,71
FDN, % MS	14,37	9,94	25,30	86,69
FDA, % MS	4,62	2,94	10,03	58,16
Lignina, % MS	0,51	0,51	0,36	10,48
Amido, % MS	72,61	72,22	-	-

¹ MS = Matéria seca; PB = Proteína bruta; EE = Extrato etéreo; FDN = Fibra insolúvel em detergente neutro; FDA = Fibra insolúvel em detergente ácido; NTD=Nutrientes digestíveis totais.

² BIN = Bagaço de cana *in natura*.

Alguns autores (PRESTON; MATULKA, 1994; DEFOOR et al., 2000; DRAGER et al., 2002) reportaram diminuição na proteína do sorgo e milho quando estes foram floculado em comparação com a laminação a seco, indicando que o PB pode ser perdida durante o processo de floculação. A razão para a aparente perda de PB com o processo de floculação não são claras. Defoor et al. (2000) sugeriram que a perda de porções do gérmen de grãos e a remoção do revestimento da semente durante a floculação pode reduzir a concentração de PB. Preston (1998) sugeriu que a estrutura da proteína do sorgo é alterada pelo vapor e, conseqüentemente, a proteína solúvel é reduzida.

Por outro lado, Hales et al. (2010) sugeriram que a PB não é perdida durante o processo de floculação. Os autores reportaram que talvez a aparente perda de nutrientes reportados em estudos anteriores possa estar relacionada à representatividade da amostragem. Os autores expuseram que a distribuição do tamanho de partícula que resulta da floculação do milho pode ser responsável pela diferença na composição química observada entre o milho floculado e grãos de milho não processados.

Para comprovar essa hipótese, Hales et al. (2010) realizaram um estudo onde o milho floculado processado para densidades de massa (283, 335 e 386 g/L), foram secos e peneirados para determinar as proporções de amido total, PB, FDN, fosforo, extrato etéreo (EE), e cinzas em frações de tamanho de partícula variando entre >8.000 e <600 µm. Os autores concluíram que as concentrações de nutrientes, exceto

o amido, não são propensas a mudar significativamente com as alterações da densidade em grão de milho floculado. No entanto, alguns nutrientes acumulam-se nas partículas finas criadas durante o processo de floculação, e a proporção de partículas finas aumenta com a diminuição da densidade do milho floculado. Assim, com o aumento do grau de processamento, há um aumento da probabilidade de observar alterações nas concentrações de nutrientes se as partículas menores não forem amostradas de forma representativa.

Não houve interação ($P>0,05$) entre as concentrações de FDN do bagaço de cana e métodos de processamento sobre a ingestão de matéria seca (IMS), ingestão de nutrientes digestíveis totais (IngNDT), excreção fecal, NDT (% da MS), digestibilidade aparente da MS (DAMS) e digestibilidade aparente dos nutrientes das dietas experimentais (Tabela 5).

A floculação do milho tendeu em reduzir ($P=0,07$) a IMS (7,76 vs. 7,28 kg/dia de MS), reduziu ($P<0,01$) a excreção fecal (2,06 vs. 1,61 kg/dia de MS), reduziu ($P<0,01$) a digestibilidade aparente da FDN (DAFDN) (50,73 vs. 33,12%), reduziu ($P<0,01$) a digestibilidade aparente da PB (DAPB) (75,05 vs. 71,93%), mas aumentou ($P<0,01$) a DAMS (73,45 vs. 78,28%), aumentou ($P<0,01$) a digestibilidade aparente dos carboidratos não fibrosos (DACNF) (84,10 vs. 95,16%), aumentou ($P<0,01$) a digestibilidade aparente dos carboidratos totais (DACHOT) (75,20 vs. 81,93%) e aumentou ($P<0,01$) a concentração de NDT (80,25 vs. 84,22) das dietas em comparação com a moagem do milho (Tabela 5). A digestibilidade aparente do extrato etéreo (DAEE) e a ingestão de NDT não foram afetadas ($P>0,05$) pelo método de processamento do milho.

Essa redução da IMS proporcionada pela floculação está em concordância com o descrito na literatura (OWENS et al., 1997; MACKEN et al., 2004; LEIBOVICH et al., 2009; CORRIGAN et al., 2009; CARARETO, 2011; PERES, 2011; ZINN et al., 2011) e pode ser explicada pela maior densidade energética das dietas com milho floculado em comparação com dietas com milho moído. Apesar da maior densidade energética das dietas com milho floculado, a floculação não aumentou a ingestão de NDT em virtude da redução na IMS.

A menor excreção fecal gerada pelas dietas com milho floculado é esperada, uma vez que, houve tendência de menor IMS e maior DAMS para este tipo de processamento. Corona et al. (2005), avaliaram métodos de processamento (floculação, laminagem, moagem do milho e grão inteiro) sobre a produção fecal de

bovinos de corte confinados e constaram que a floculação gerou menor excreção fecal em comparação aos outros métodos de processamento. Corona, Owens e Zinn (2006) e Plascencia et al. (2011), também reportaram menor excreção fecal para o milho floculado em comparação ao milho laminado.

A maior DAMS, DACNF e DACHOT proporcionada pela floculação está associada a também maior digestibilidade do amido no trato total (Tabela 6). Corona et al. (2005); Corona, Owens e Zinn (2006) e Luebbe et al. (2012) também constataram maior DAMS com incrementos de 4,05; 10,96 e 12,79%, respectivamente, para a floculação do milho em relação a laminagem.

Owens e Basalan (2012), reportaram maior quantidade de matéria orgânica não amilácea presente nas fezes de novilhos alimentados com milho floculado em comparação com milho laminado seco, sugerindo haver um decréscimo na digestão da fibra.

Corona, Owens e Zinn (2006) constataram menor digestibilidade da fração FDA em dietas com milho floculado em comparação ao laminado seco. Gabarra et al. (2007) avaliaram a digestibilidade aparente dos nutrientes em novilhos Nelore confinados e também evidenciou menor digestibilidade aparente da FDN em dietas com milho floculado comparada às dietas com milho moído. Yu et al. (1998), também reportaram menor digestibilidade no trato total da fração FDN nas dietas de vacas da raça Holandês contendo 40% de milho floculado em comparação com as dietas contendo a mesma proporção de milho laminado a seco.

A menor digestibilidade aparente da fibra constatada nas dietas com milho floculado pode ser explicada, em parte, pela maior taxa de degradação ruminal do amido do milho floculado em comparação com o milho moído grosso (Tabela 7). Essas condições favorecem o desenvolvimento de bactérias amilolíticas em detrimento das bactérias fibrolíticas. Smith; Yu e Hungate (1973), sugeriram que a grande quantidade de amido no rúmen possui efeito inibitório sobre a digestão da fibra, pois a sua rápida fermentação estimula certas cepas de bactérias que inibem a hidrólise da fibra. Essa hipótese é suportada pela maior produção de propionato nesses tratamentos (Tabela 8) e pela ausência de diferença nos valores de pH ruminal entre os animais alimentados com milho moído grosso ou floculado. (Tabela 8).

Tabela 5 - Ingestão de matéria seca (IMS), ingestão de nutrientes digestíveis totais (IngNDT), excreção fecal de touros Nelore e NDT (% da MS), digestibilidade aparente da MS (DAMS), digestibilidade aparente da FDN (DAFDN), digestibilidade aparente dos CNF (DACNF), digestibilidade aparente dos CHOT (DACHOT), digestibilidade aparente da PB (DAPB) e digestibilidade aparente do EE (DAEE) de rações contendo milho floculado ou moído e diferentes concentrações de FDN de bagaço de cana *in natura* (BIN)

Variáveis	Tratamentos													
	Concentrações de FDN de bagaço de cana <i>in natura</i> (BIN) (%MS)													
	Milho Moído				Milho Floculado				EPM ¹	Valor de P ²				
	4	7	10	13	4	7	10	13		P ³	FDNv ³	L ³	Q ³	P*FDNv ³
IMS, kg/dia	7,40	8,00	8,00	7,62	6,50	7,80	7,60	7,20	0,33	0,07	0,02	-	0,01	0,71
IngNDT, kg/dia	6,16	6,44	6,41	5,85	5,64	6,63	6,45	5,87	0,27	0,73	0,03	-	<0,01	0,57
Excreção fecal, kg/dia	1,70	2,12	2,10	2,30	1,23	1,70	1,70	1,80	0,17	<0,01	0,04	0,01*	-	0,99
NDT, %	83,64	80,49	80,21	76,68	86,87	84,25	84,70	81,05	1,62	<0,01	<0,01	<0,01 [#]	-	0,96
DAMS ⁴ , %	76,60	73,50	73,50	70,20	81,00	78,40	78,30	75,40	1,65	<0,01	<0,01	0,01 [¥]	-	0,99
DAFDN ⁴ , %	59,73	49,93	44,25	49,00	31,35	34,50	35,23	31,40	4,35	<0,01	0,40	-	-	0,10
DACNF ⁴ , %	83,33	83,73	87,53	81,83	95,65	94,10	96,05	94,85	1,47	<0,01	0,11	-	-	0,40
DACHOT ⁴ , %	78,13	75,44	75,38	71,83	84,98	82,09	82,34	78,31	1,68	<0,01	<0,01	<0,01 [‡]	-	0,99
DAPB ⁴ , %	76,38	75,50	74,89	73,44	71,27	70,94	72,78	72,75	2,01	<0,01	0,94	-	-	0,42
DAEE ⁴ , %	90,74	85,41	85,95	86,87	87,22	87,16	89,32	87,93	1,30	0,49	0,29	-	-	0,10

¹ EPM = Erro padrão da média.

² Probabilidade de resposta para os tratamentos; P≤0,05 = Significativa.

³ P = Efeito do tipo de processamento; FDNv = Efeito das concentrações do FDN oriundo do BIN; L = Efeito linear de FDNv; Q = Efeito quadrático de FDNv; P*FDNv = interação.

⁴ Digestibilidade aparente dos nutrientes no trato total (% da matéria seca).

*y = 0,0582x + 1,3368; R² = 0,7892

y = -0,6365x + 87,645; R² = 0,8862

¥ y = -0,6017x + 80,977; R² = 0,9042

‡ y = -0,6449x + 84,042; R² = 0,88

Em trabalhos *in vivo* e *in situ* tem sido demonstrado que a floculação reduz a degradação ruminal da proteína em comparação com a moagem (LYKOS; VARGA, 1995; BARAJAS; ZINN, 1998; PASSINI et al., 2004; CORONA; OWENS; ZINN, 2006). Porém, tem sido apontada melhoria na digestibilidade pós-ruminal da PB com a floculação do milho dentado (PLASCENCIA; ZINN, 1996; BARAJAS; ZINN, 1998; CORONA; OWENS; ZINN, 2006; PLASCENCIA et al., 2011). No geral a floculação em comparação com a laminação a seco do milho dentado, tem resultando em maior digestibilidade da PB no trato total, tanto para vacas leiteiras alimentadas com 39,5% de milho floculado (PLASCENCIA; ZINN, 1996), como para novilhos terminados em confinamento com dietas contendo alto teor de concentrado (BARAJAS; ZINN, 1998; CORONA et al., 2005; CORONA; OWENS; ZINN, 2006; PLASCENCIA et al., 2011). Contrariando esses dados, no presente estudo a floculação reduziu a digestibilidade da PB, assim como relatado por Gabarra et al. (2007).

O aumento na concentração de FDN do bagaço de cana das dietas causou um efeito quadrático ($P=0,01$) na IMS (6,95; 7,90; 7,80 e 7,41 kg/dia, respectivamente) e na ingestão de NDT (5,90; 6,54; 6,43 e 5,86 kg/dia, respectivamente) (Figura 1). Os crescentes aumentos nas concentrações de FDNv também ocasionaram aumento linear ($P=0,01$) na excreção fecal (1,47; 1,91; 1,90 e 2,05 kg/dia, respectivamente), redução linear ($P<0,01$) no percentual de NDT das rações (85,25; 82,37; 82,46 e 78,86%, respectivamente), redução linear ($P=0,01$) da DAMS (78,80; 75,95; 75,90 e 72,80%, respectivamente) e redução linear ($P<0,01$) da DACHOT (81,55; 78,76; 78,86 e 75,07%, respectivamente) (Tabela 5). A DAFDN (45,54; 42,21; 39,74 e 40,20%, respectivamente), a DACNF (89,49; 88,91; 91,79 e 88,34%, respectivamente), DAPB (73,83; 73,22; 73,83 e 73,09%, respectivamente) e a DAEE (88,98; 86,29; 87,63 e 87,40%, respectivamente) não foram afetadas ($P > 0,05$) pelas concentrações de FDN do bagaço de cana (Tabela 5).

Figura 1 - (A) Efeito das concentrações do FDN do Bagaço de cana *in natura* (BIN) (4; 7; 10 ou 13%) sobre a ingestão de matéria seca (IMS), (B) Efeito das concentrações do BIN sobre a ingestão de nutrientes digestíveis totais (NDT) de touros Nelore terminados em confinamento alimentados com rações contendo milho moído grosso ou floculado

A IMS (kg/dia) e a ingestão de NDT (kg/dia) tiveram o mesmo comportamento, com máxima ingestão estimada por regressão com 9,08% e 8,37% de FDN do BIN nas dietas, respectivamente (Figura 1). Caetano (2011) avaliou o efeito do processamento (moagem fina ou ensilagem de grãos úmidos de milho) combinado com teores de FDN de silagem de cana-de-açúcar sobre o desempenho de tourinhos Nelore em terminação. A autora também constatou efeito quadrático do nível de FDNv para IMS e ingestão de energia. Com milho moído fino a IMS foi maximizada com 11,3% de

FDNv e com silagem de grão úmido de milho a IMS foi maximizada com 13,9% de FDNv. A ingestão de energia metabolizável foi maximizada com 11% de FDNv independentemente do método de processamento de grãos. A exigência mais alta de FDNv com silagem de grão úmido de milho no experimento de Caetano (2011) pode estar relacionada com a maior taxa de degradação ruminal do amido na silagem de grão úmido em comparação com a moagem grosseira do milho e a floculação.

O resultado de IMS visto aqui seguiu o mesmo padrão observado no experimento 1 (capítulo 1; Figura 4), ratificando o comportamento quadrático desta variável para concentrações de bagaço de cana em dietas contendo milho moído ou floculado em altas proporções.

Galyean e Defoor (2003) e Galyean e Abney (2006) revisaram trabalhos na literatura com bovinos confinados (0 a 30% de volumoso nas dietas; % MS), em que, um dos objetivos foi avaliar o papel da FDNv nas variações de IMS, em virtude de diferentes fontes e níveis de volumosos na dieta. Os autores constaram que a IMS aumenta linearmente com a inclusão de volumoso na dieta independentemente da fonte. Esse padrão de resposta é descrito de forma consistente na literatura (GILL et al., 1981; KREIKEMEIER et al., 1990, LEME et al., 2003; PARSONS et al., 2007; MACDONALD et al., 2011).

Segundo Pritchard (2006), é importante ter em mente que essa linearidade está dentro de uma faixa estreita de fontes de volumoso utilizadas em dietas de confinamento. No presente estudo a IMS apresentou comportamento quadrático com o aumento de FDNv na dieta e não linear como relatado por Galyean e Defoor (2003) e Galyean e Abney (2006). Isso ocorreu possivelmente devido ao alto fator de efetividade da fibra do BIN (GOULART, 2010), que quando incluído em dietas, tem causado redução na IMS em comparação com dietas com a mesma concentração de FDNv de fontes diferentes (HENRIQUE et al., 2007; GOULART, 2010).

Galyean e Abney (2006) e Arelovich et al. (2008) demonstraram que a ingestão ELg (kcal/kg de PC^{0,75}) está altamente relacionada com a concentração de FDN na dieta ($R^2=0,797$; $R^2=0,859$, respectivamente). No entanto, a concentração de FDN total da dieta ($R^2=0,001$) não explicou a variação na ingestão de ELg/unidade de IMS (ARELOVICH et al., 2008).

O efeito quadrático aqui constatado para IMS e ingestão de NDT (Figura 1) sugerem que a ingestão foi controlada pelo efeito fisiológico (saciedade energética) até o ponto de inflexão da curva (9,08 e 8,37% de FDNv, respectivamente), a partir

deste ponto a ingestão foi controlada pelo efeito físico (distensão ruminal), resultando em maior tempo gasto com a atividade de ruminação e mastigação (Tabela 10) e provável menor taxa de passagem da digesta.

Houve redução linear ($P < 0,01$) das concentrações de NDT das dietas com a adição de FDNv. Esse padrão de reposta já era esperado, uma vez que a fibra possui menor densidade energética que o milho. O aumento linear na excreção fecal com o acréscimo de fibra nas dietas é reflexo da redução linear da DAMS e da DACHOT.

Não houve interação ($P > 0,05$) entre as concentrações de FDN do bagaço de cana e métodos de processamento sobre a ingestão de amido (IA), amido fecal (AF), digestibilidade aparente do amido no trato total (DAAT), energia líquida para manutenção do milho (ELmMilho) e energia líquida para ganho do milho (ELgMilho) (Tabela 6).

A floclação do milho tendeu em reduzir ($P = 0,06$) a IA, reduziu ($P < 0,01$) a quantidade de amido nas fezes (12,27 vs. 2,33%) e aumentou ($P < 0,01$) a DAAT (95,95 vs. 99,36%), aumentou ($P < 0,01$) a ELm do milho (2,29 vs. 2,46 Mcal/dia), aumentou ($P < 0,01$) a ELg do milho (1,60 vs. 1,75 Mcal/dia), em comparação com a moagem grosseira do milho (Tabela 6).

A menor IA dos animais alimentados com milho floclado está relacionada à menor IMS (Tabela 5), em virtude da maior densidade energética do milho floclado (OWENS; BASALAN, 2012). A redução do teor de amido nas fezes e aumentos na DAT, ELmMilho e ELgMilho com a floclado em comparação com laminação a seco ou moagem é descrita de forma consistente na literatura (OWENS et al., 1997; ZINN; OWENS; WARE, 2002; OWENS; SODERLUND, 2006; CARARETO, 2011; PERES, 2011; GOUVÊA, 2012; OWENS; BASALAN, 2012).

Owens e Soderlund (2006) compilaram resultados de trabalhos na literatura e constataram que a digestibilidade do amido do milho dentado no trato total de bovinos confinados foi em média 91,03% contra 99,09% do milho floclado, com incremento de 8,85 unidades % na digestibilidade do amido proporcionada pela floclação. Carareto (2011) e Peres (2011) avaliaram o efeito do processamento (floclação ou moagem de milho *flint*) sobre a digestibilidade do amido no trato total de bovinos da raça Nelore. O valor médio dos resultados dos dois trabalhos foi de 83,46% e 95,88% para a laminação e floclação, respectivamente, com incremento de 14,88 unidades % na digestibilidade do amido proporcionada pela floclação, indicando maior benefício da floclação para o milho *flint* que para o dentado.

Tabela 6 – Energia líquida para manutenção do milho (ELmMilho) e energia líquida para ganho do milho (ELgMilho) das rações e ingestão de amido (IA), amido fecal (AF) e digestibilidade do amido no trato total (DAT) de tourinhos Nelores terminados em confinamento alimentados com rações contendo milho moído ou floculado e diferentes concentrações de bagaço de cana *in natura* (BIN)

Variáveis	Tratamentos													
	Concentrações de FDN de bagaço de cana <i>in natura</i> (BIN) (%MS)													
	Milho Moído				Milho Floculado				EPM ¹	Valor de P ²				
	4	7	10	13	4	7	10	13		P ³	FDNv ³	L ³	Q ³	P*FDNv ³
IA, kg/dia	4,64	4,83	4,62	4,21	4,07	4,73	4,39	3,98	0,20	0,06	0,02	-	<0,01	0,70
AF, %	14,22	12,82	11,42	10,61	1,99	2,65	2,33	2,36	1,79	<0,01	0,52	-	-	0,40
DAAT, %	96,12	95,90	95,97	95,80	99,56	99,32	99,32	99,23	0,74	<0,01	0,92	-	-	0,99
ELmMilho, Mcal/dia	2,25	2,28	2,30	2,32	2,46	2,45	2,46	2,46	0,04	<0,01	0,50	-	-	0,41
ELgMilho, Mcal/dia	1,56	1,59	1,61	1,63	1,75	1,74	1,75	1,75	0,03	<0,01	0,52	-	-	0,43

¹ EPM = Erro padrão da média.

² Probabilidades de resposta para os tratamentos; P≤0,05 = Significativa.

³ P = Efeito do tipo de processamento; FDNv = Efeito das concentrações do FDN oriundo do BIN; L = Efeito linear de FDNv; Q = Efeito quadrático de FDNv; P*FDNv = interação

Entretanto, no presente estudo o incremento na DAAT com a floculação foi de apenas 3,55 unidades percentuais. Gouvêa (2012) reportou valores de digestibilidade do amido no trato total de 94,1% e 98,70% para milho moído fino (1,3 mm TMP) e floculado respectivamente. Os incrementos na DAAT no presente estudo e no de Gouvêa (2012) não suportam a magnitude da melhoria do desempenho animal causado pela floculação nesses estudos.

Owens e Basalan (2012), revisaram trabalhos na literatura e reportaram incrementos médios de 6,29% na energia metabolizável do grão de milho e 10,14% na ELgMilho proporcionados pelo milho floculado sobre o laminado a seco (genótipos dentado). O incremento médio gerado pelo milho floculado *flint* em comparação com o laminado a seco dos trabalhos de Carareto (2011) e Peres (2011) foi em média de 17,78 na ELmMilho e 22,50% na ELgMilho, respectivamente. Gouvêa (2012) reportou incrementos de 4,25 na ELmMilho e 5,45% ELgMilho para milho floculado em comparação com milho moído (genótipos *flint*). No presente experimento assim como no experimento de desempenho animal, o incremento no valor energético do milho estimado com base nos teores de amido fecal, não refletiram o incremento real observado com a floculação do milho quando os valores foram calculados com base no valor observado de energia das dietas do experimento de desempenho animal.

Os acréscimos nas concentrações de FDN do bagaço de cana (4; 7; 10 ou 13%) nas dietas causou efeito quadrático (Figura 2) na ingestão de amido (4,35; 4,78; 4,50 e 4,09 kg/dia, respectivamente). Essas mesmas concentrações de FDNv nas dietas não causaram efeito ($P>0,05$) sobre o amido fecal (8,11; 7,73; 6,87 e 6,48% respectivamente), sobre a DAAT (97,84; 97,61; 97,65 e 97,52% respectivamente), sobre a ELmMilho (2,36; 2,36; 2,3 e 2,39 Mcal/dia respectivamente) e sobre a ELgMilho (1,66; 1,66; 1,68 e 1,69 Mcal/dia respectivamente) das rações (Tabela 6).

O efeito quadrático constatado na ingestão de amido (Figura 2) pelos animais pode ser explicado pelo mesmo efeito ocorrido na IMS (Tabela 5). No entanto, a ingestão máxima de amido estimada (7,73% de FDNv na dieta) ocorre antes da máxima IMS (9,08% de FDNv na dieta) e ingestão de NDT (8,37% de FDNv na dieta) estimadas por regressão. Indicando que a partir de 7,73% de FDNv não houve acréscimo na ingestão de amido, apesar de terem havido aumentos na IMS e ingestão de NDT.

Figura 2 - Efeito das concentrações do Bagaço de cana *in natura* (BIN) (4; 7; 10 ou 13%) sobre a ingestão de amido por tourinhos Nelore terminados em confinamento alimentados com rações contendo milho moído grosso ou floculado

Levando-se em conta que a DAAT e o AF não sofreram efeito dos teores de FDNv na dieta, os valores de ELmMilho e ELgMilho também não foram alterados uma vez que foram calculados com base nos terrores de amido fecal.

Não houve interação entre as concentrações de FDN do bagaço de cana e métodos de processamento sobre os parâmetros de produção de gás *in vitro* das dietas experimentais. A floculação do milho reduziu ($P < 0,01$) o *lag time* (9,32 vs. 8,15 horas), proporcionou maior ($P = 0,03$) VCNF (172,35 vs. 192,33 mL/g de MS) e maior ($P < 0,01$) KdCNF (0,08 vs. 0,11%/hora) em comparação com a moagem grosseira do milho. O VCF (86,63 vs. 93,48 mL/g de MS) e a KdCF (0,02 vs. 0,02%/hora) não foram afetados ($P > 0,05$) pelos métodos de processamento (Tabela 7).

Os aumentos nas concentrações de FDN do bagaço de cana (4; 7; 10 ou 13%) nas dietas não causaram efeito sobre os parâmetros de produção de gás *in vitro* das dietas experimentais.

Tabela 7 - Efeito do processamento (moagem ou floculação do milho) combinados com teores de FDN do bagaço de cana (BIN) (4; 7; 10 ou 13% da MS total) sobre o *lag time* e volume final da produção de gases dos carboidratos fibrosos e não fibrosos e suas respectivas taxas de degradação

Variáveis ¹	Tratamentos											
	Concentrações de FDN de bagaço de cana <i>in natura</i> (%MS)											
	Milho Moído				Milho Floculado				EPM ²	Valor de P ³		
	4	7	10	13	4	7	10	13		P ⁴	FDNv ⁴	P* FDNv ⁴
Lag time, hora	9,14	9,04	9,75	9,34	8,22	8,38	8,14	7,87	0,503	<0,01	0,91	0,76
VCF, mL/g de MS	79,1	80,7	104,9	81,8	98,3	109,5	85,4	80,7	10,74	0,52	0,76	0,42
Kd CF, %/hora	0,026	0,023	0,027	0,021	0,024	0,028	0,022	0,022	0,012	0,41	0,51	0,49
VCNF, mL/g de MS	167,3	160,5	180,4	181,2	189,4	198,3	189,4	192,2	5,430	0,03	0,23	0,60
Kd CNF %/hora	0,067	0,084	0,082	0,072	0,104	0,116	0,105	0,101	0,009	<0,01	0,11	0,37

¹ VCF = Volume final de gás da degradação de carboidratos fibrosos; VCNF = volume final de gás da degradação de carboidratos não fibrosos; KdCF = taxa de degradação de carboidratos fibrosos; KdCNF = taxa de degradação de carboidratos não fibrosos

² EPM = Erro padrão da média.

³ Probabilidades de resposta para os tratamentos; P≤0,05 = Significativa.

⁴ P = Efeito do tipo de processamento; FDNv = Efeito das concentrações do FDN oriundo do BIN; L = Efeito linear de FDNv; Q = Efeito quadrático de FDNv; P*FDNv = interação

O *lag time* indica o tempo envolvido entre o início da incubação e a ação microbiana sobre a amostra. Quanto maior a presença de substâncias solúveis prontamente fermentáveis e características físicas e químicas do alimento capazes de facilitar o ataque microbiano, menor será o tempo de colonização (Magalhães et al., 2006).

Gouvêa (2012) também constatou maior *lag time* para as dietas contendo milho moído (1,3 mm TMP) em comparação com as dietas com milho floculado, no entanto, não foi observado efeito do processamento para as outras variáveis de fermentação *in vitro*.

O tempo de colonização é fortemente associado à taxa de degradação e produção total de gases. Isto permite evidenciar que à medida que se aumenta o tempo de colonização, a taxa de degradação e o volume total de gás diminui (MUNIZ et al. 2011). Esse mesmo comportamento foi observado no presente estudo, onde o *lag time* das dietas com milho moído foi mais elevada seguida de menores KdCNF e VCNF em comparação às dietas com milho floculado.

Pressupõe-se que para dietas com alta proporção de milho (baixa fibra) métodos mais intensos de processamento que envolvam modificações físico-químicas no milho, como é o caso da floculação, proporcione melhores condições ao ataque microbiano, diminuindo o tempo de colonização (*lag time*), devido ao rompimento de barreiras físicas (pericarpo e matriz proteica) e exposição do amido, aumentando também a KdCNF e VCNF.

Materiais mais lignificados apresentam maior resistência à colonização e a degradação (SILVA et al. 2014). No entanto, o aumento nas concentrações de BIN nas dietas não afetou os parâmetros de fermentação *in vitro* das dietas.

Não houve interação ($P>0,05$) entre as concentrações de FDN do bagaço de cana (4, 7, 10 ou 13%) e métodos de processamento sobre o pH médio no fluido ruminal, sobre os ácidos acético (C2), propiônico (C3), butírico (C4), isobutírico (IC4), valérico (C5), isovalérico (IC5), AGV totais, proporção entre C2:C3 e nitrogênio amoniacal no rúmen (N-NH₃) (Tabela 8).

A floculação do milho aumentou ($P=0,01$) a proporção molar de C3 (30,23 vs. 33,19), reduziu ($P<0,01$) a proporção molar de C4 (8,28 vs. 6,90), reduziu ($P=0,03$) a proporção molar IC4 (1,71 vs. 1,48), reduziu ($P=0,01$) a proporção entre C2:C3 (1,88 vs. 1,66), reduziu ($P<0,01$) a concentração de N-NH₃ (11,95 vs. 4,39 mg/dL) e reduziu ($P=0,09$) a proporção molar de C2 (55,55 vs. 54,12) no fluido ruminal. Não houve efeito

do processamento ($P>0,05$) sobre o pH médio (6,23 vs. 6,29), a proporção molar de C5 (2,74 vs. 2,99), proporção molar de IC5 (1,34 vs. 1,34) e AGV totais (93,90 vs. 94,94 mmol/mL) no líquido ruminal (Tabela 8).

Corana, Owens e Zinn (2006) compararam a o efeito do processamento (floculação vs. laminagem do milho a seco) sobre as concentrações de AGV no fluido ruminal e constataram maior proporção molar do C3 e menores proporções molares do C2, C4 e relação C2:C3 quando o processamento utilizado foi a floculação.

Corana et al. (2005), avaliaram a influência do processamento do milho (floculação, laminagem a seco, moagem e grão inteiro) e concluíram que a proporção molar do C2, C4 e a relação C2:C3 foram menores para a floculação em relação a todos os outros tipos de processamento. Contudo, a proporção molar do C3 foi maior para a floculação em comparação com os outros métodos de processamento. O milho laminado a seco foi o que gerou maior proporção molar de C4 e também maior relação C2:C3 em comparação com os outros tipos de processamento. Esses resultados são consistentes com estudos anteriores (GALYEAN et al, 1976; ZINN, 1987) comparando a floculação com a laminação do milho e milho inteiro. Ficou evidenciado que o milho floculado promoveu diminuição na proporção molar de acetato, butirato e na relação C2:C3 e aumentou a proporção molar de C3 no rúmen em comparação com os outros métodos de processamento.

Esses resultados estão em concordância com os resultados do atual estudo. O padrão de resposta nas concentrações molares de AGV quando se compara os métodos de processamento (floculação vs. moagem ou laminação a seco do milho) pode ser explicado, em parte, pela maior densidade energética (Tabela 5) das dietas com milho floculado em função da maior disponibilidade de substrato prontamente fermentescíveis (amido) no rúmen resultante da floculação do milho. Smith; Yu e Hungate (1973), sugeriram que a grande quantidade de amido no rúmen possui efeito inibitório sobre a digestão da fibra, pois a sua rápida fermentação estimula certas cepas de bactérias que inibem a hidrólise da fibra. Essa hipótese é suportada pela maior produção de C3 nas dietas com milho floculado.

Tabela 8 – pH ruminal, ácidos graxos voláteis (AGV) (proporção molar), AGV totais (mmol/mL), relação entre a proporção molar dos ácidos acético e propiônico e nitrogênio amoniacal (mg/dL) de tourinhos Nelore alimentados com rações contendo alto teor de milho moído grosso ou floculado e submetidos a diferentes concentrações de FDN de Bagaço de cana *in natura* (BIN)

Variáveis ¹	Tratamentos													
	Concentrações de FDN de bagaço de cana <i>in natura</i> (%MS)													
	Milho Moído				Milho Floculado				EPM ²	Valor de P ³				
	4	7	10	13	4	7	10	13		P ⁴	FDNv ⁴	L ⁴	Q ⁴	P*FDNv ⁴
pH médio	6,17	6,22	6,23	6,29	6,10	6,17	6,34	6,53	0,21	0,48	0,09	0,01*	-	0,45
C2, mol/100mol	54,65	54,64	54,98	57,92	50,59	55,40	55,99	54,48	1,22	0,09	0,03	<0,01 [#]	-	0,07
C3, mol/100mol	31,39	29,96	31,61	27,96	37,92	32,64	30,95	31,23	2,12	0,01	0,02	<0,01 [¥]	-	0,16
C4, mol/100mol	8,36	8,73	7,47	8,57	5,80	6,14	7,27	8,38	1,09	<0,01	0,20	-	-	0,12
IC4, mol/100mol	1,71	1,77	1,82	1,52	1,46	1,66	1,42	1,37	0,16	0,03	0,29	-	-	0,73
C5, mol/100mol	1,35	1,48	1,37	1,17	1,44	1,46	1,09	1,37	0,21	0,99	0,20	-	-	0,25
IC5, mol/100mol	2,55	2,79	2,76	2,86	2,80	2,70	3,29	3,18	0,52	0,22	0,47	-	-	0,74
AVG Total	97,58	94,19	93,89	89,92	102,42	98,00	91,96	87,36	4,52	0,68	0,02	<0,01 ^ƒ	-	0,62
C2:C3	1,77	1,90	1,76	2,09	1,35	1,70	1,84	1,75	0,15	0,01	0,03	<0,01 [£]	-	0,19
N-NH₃ Ruminal	13,60	14,40	9,80	10,00	2,99	6,23	4,35	4,00	1,75	<0,01	0,11	-	-	0,32

¹ C2=ácido acético; C3=ácido propiônico; C4= ácido butírico; IC4= ácido isobutírico; C5=ácido valérico; IC5= ácido isovalérico; AGV total=ácidos graxos voláteis totais; C2:C3 = relação entre os ácidos acético e propiônico.

² EPM = Erro padrão da média.

³ Probabilidade de resposta para os tratamentos; P≤0,05 = Significativa.

⁴ P = Efeito do tipo de processamento; FDNv = Efeito das concentrações do FDN oriundo do BIN; L = Efeito linear de FDNv; Q = Efeito quadrático de FDNv; P*FDNv = interação

* $y = 0,0307x + 5,9962$; $R^2 = 0,9756$

$y = 0,3735x + 51,657$; $R^2 = 0,8687$

¥ $y = -0,5067x + 36,014$; $R^2 = 0,8558$

ƒ $y = -3,725x + 103,73$; $R^2 = 0,997$

£ $y = 0,036x + 1,464$; $R^2 = 0,8526$

A concentração ótima de N-NH_3 ruminal foi descrita por Mehrez, Orskov; McDonald (1977) como sendo aquela que resulta em máxima taxa de fermentação ruminal ou que promova máxima produção de proteína microbiana por unidade de substrato fermentado. Satter e Slyter (1974) constataram que aumentos na concentração de N-NH_3 acima de 5 mg/dL no fluido ruminal, não tiveram qualquer efeito sobre a produção de proteína microbiana *in vitro*. Hoover (1986) em trabalho de revisão, reportou que as taxas de crescimento máximo microbiano ou digestão da matéria orgânica ocorre com concentrações de N-NH_3 no rúmen variando de 1 a 6 mg/dL. Odle e Schaefer (1987) reportaram que o mínimo requerido para maximizar a taxa de degradação do milho quebrado foi de 6,1 mg/dL de N-NH_3 no rúmen. Clark, Klusmeyer e Cameron (1992) sugeriram valores mínimo de 2 a 5 mg/dL de N-NH_3 para otimizar a síntese microbiana no rúmen.

A concentração de N-NH_3 nas dietas com floculado no atual estudo está dentro da faixa recomendada (SATTER; SLYTER, 1974; HOOVER, 1986; ODLE; SCHAEFER, 1987; CLARK; KLUSMEYER; CAMERON, 1992) para promover máxima síntese de proteína microbiana no rúmen. Hipótese que é suportada pelos resultados apresentados na Tabela 9. A concentração de N-NH_3 no fluido ruminal dos animais que consumiram milho moído foi 172,21% maior em comparação com os animais que consumiram milho floculado (11,95 vs. 4,39 mg/dL, respectivamente). A primeira explicação para justificar a diferença na concentração de N-NH_3 verificada entre os processamentos seria devido a maior utilização de N-NH_3 no rúmen dos animais tratados com milho floculado, uma vez que, para esses tratamentos havia maior disponibilidade de energia prontamente fermentescível no rúmen, condição que estimula a síntese microbiana (ZINN et al., 1990; PLACENCIA; ZINN, 1996). Uma segunda hipótese para justificar a maior concentração de N-NH_3 observada no fluido ruminal dos animais que consumiram milho moído seria devido a maior ingestão de N nesses tratamentos (Tabela 9), onde se observou incremento na ingestão de N de 17,81% em comparação com os animais que consumiram milho floculado. O aumento na ingestão de N nesses tratamentos não ocorreu apenas em função da maior IMS (Tabela 5), mas possivelmente também pela maior concentração de PB nas dietas (Tabela 1).

Aumentos da concentração ruminal de N-NH_3 quando do fornecido de maior teor de PB na dieta também foi apontado por Rihani et al. (1993), Cruz Soto et al. (1994) e Hennessy et al. (1995).

Os aumentos nas concentrações de FDN do bagaço de cana das dietas (4, 7, 10 e 13%) causaram tendência de aumento linear ($P=0,09$) nos valores médios de pH (6,14; 6,20; 6,29 e 6,41; respectivamente), aumento linear ($P=0,03$) na proporção molar do C2 (52,62; 55,02; 55,49 e 56,20; respectivamente), aumento linear ($P=0,03$) na relação entre C2:C3 (1,56; 1,80; 1,80 e 1,92; respectivamente), redução linear ($P=0,02$) na proporção molar do C3 (34,66; 31,30; 31,28 e 29,60; respectivamente) e redução linear ($P=0,02$) nas concentrações de AVG totais (100,00; 96,10; 92,93 e 88,64 mmol/mL; respectivamente) (Tabela 8).

Não houve efeito ($P>0,05$) das concentrações do FDN do BIN (4, 7, 10 e 13%) sobre as proporções molares do C4 (7,08; 7,44; 7,37 e 8,48; respectivamente), IC4 (1,59; 1,72; 1,62 e 1,45; respectivamente), C5 (1,40; 1,47; 1,23 e 1,27; respectivamente), IC5 (2,68; 2,75; 3,03 e 3,02; respectivamente), e nas concentrações de N-NH₃ 8,30; 10,32; 7,08 e 7,00 mg/dL respectivamente) no rúmen (Tabela 8).

O aumento linear nos valores médios de pH com o aumento de FDNv foi esperada, uma vez que, também houve aumento linear nas atividades de mastigação e ruminação (Tabela 10), indicando que a secreção de saliva foi aumentada com a inclusão de FDNv nas rações, contribuindo com aumento do pH. O pH ruminal é influenciado pela quantidade e/ou qualidade do FDN ingerido. Segundo Allen (1997), o balanço entre a produção de AGV e a secreção de tamponantes salivares é o principal fator que determina o pH ruminal. Sendo assim, o aumento da ingestão de FDNv deve aumentar ou manter o pH ruminal em equilíbrio. A importância de estimular o fluxo salivar para tamponar o pH do rúmen é bem documentada (SNIFFEN et al., 1992; VARGA; KOLVER, 1997; ALLEN, 1997; NRC, 2001).

Com o aumento do pH a atividade de bactérias fibrolíticas também é aumentada (UWITUZE et al., 2010). Isso pode explicar o aumento linear da proporção molar de C2, da relação C2:C3 e da redução do C3. A redução da concentração de AGV totais (mmol/mL) no rúmen com o aumento nas concentrações de FDNv, talvez tenha ocorrido pela diminuição da densidade energética das dietas (Tabela 5) em função da menor disponibilidade de amido, o que poderia causar redução na concentração (mmol/mL) de alguns ácidos, principalmente do C3.

Na Figura 3 está representada graficamente o efeito do pH ruminal, em função do tempo (24 horas), em que o tempo zero equivale ao momento imediatamente anterior ao fornecimento da ração.

Figura 3 - Variação ao longo do dia do pH ruminal em função das dietas experimentais*

* M4 = milho moído com 4% de BIN; M7 = milho moído com 7% de BIN; M10 = milho moído com 10% de BIN; M13 = milho moído com 13% de BIN; F4 = milho floculado com 4% de BIN; F7 = milho floculado com 7% de BIN; F10 = milho floculado com 10% de BIN; F13 = milho floculado com 13% de BIN. Setas pontilhadas indicam o período em que pH permaneceu abaixo de 6,0 para nas dietas contendo milho floculado; setas sólidas indicam o período em que pH permaneceu abaixo de 6,0 para nas dietas contendo milho moído

O tempo médio de permanência do pH abaixo de 6,0 durante 24 horas foi de 11,5; 8,5; 8,0 e 8,0 horas para os tratamentos M4 (milho moído com 4% de BIN); M7 (milho moído com 7% de BIN); M10 (milho moído com 10% de BIN) e M13 (milho moído com 13% de BIN), respectivamente, e 10,5; 11,5; 5,5 e 0,0 horas para os tratamentos F4 (milho floculado com 4% de BIN); F7 (milho floculado com 7% de BIN); F10 (milho floculado com 10% de BIN) e F13 (milho floculo com 13% de BIN), respectivamente (Figura 3).

Observa-se que o tratamento F4, diferentemente dos outros tratamentos, reduziu de forma acentuada o pH logo após o fornecimento da ração, atingindo a máxima de rebaixamento após 4 horas do fornecimento da mesma. Comportamento esse que pode ser explicado pela maior disponibilidade de amido prontamente fermentescível acompanhada de menor quantidade de FDNv nessa dieta associado a uma grande quantidade de alimento ingerido rapidamente.

O comportamento do pH ruminal foi semelhante entre os tratamentos, entretanto, o tratamento F13 não esteve em nenhum momento do dia abaixo de 6,0. Esse padrão de resposta parece estar relacionado a maior quantidade de FDNv associada ao tipo processamento (floculado) com maior tamanho médio de partícula (Tabela 2) e menor densidade. Também nesse tratamento foi observado maior valor numérico do tempo de mastigação e ruminação em relação a todos os outros (Tabela 10).

Da mesma forma, na média, a floculação proporcionou menor tempo de pH abaixo de 6,0 (7 horas) em comparação com a moagem (9 horas). Isso é explicado, em parte, pelo maior tempo despendido com atividade de ruminação (Tabela 10) e consequentemente, maior secreção de saliva.

Apesar da alta densidade energética das dietas experimentais, não se observou queda do pH ruminal abaixo de 5,6 (valor limite para acidose crônica) (Figura 3) em nenhum momento durante o dia, independentemente do tratamento, ratificando o alto fator de efetividade física do FDN do BIN (GOULART, 2010).

Não houve interação ($P>0,05$) entre as concentrações de FDN do bagaço de cana (4, 7, 10, 13%) e métodos de processamento sobre o balanço de nitrogênio (N) e a glicose plasmática (Tabela 9).

Tabela 9 – Balanço de nitrogênio (N), produção de proteína bruta microbiana (PBmic), eficiência de síntese de proteína microbiana (Efic. mic.), nitrogênio-ureico plasmático (NUP) e glicose plasmática de touros Nelore alimentados com rações contendo milho moído grosso ou floculado e submetidos a diferentes concentrações de FDN de Bagaço de cana *in natura* (BIN)

Variáveis	Tratamentos													
	Concentrações de FDN de bagaço de cana <i>in natura</i> (%MS)													
	Milho Moído				Milho Floculado				EPM ²	Valor de P ³				
	4	7	10	13	4	7	10	13		P ⁴	FDNv ₄	L ⁴	Q ⁴	P*FDNv ⁴
Ingestão de N, g/dia	159,30	174,08	172,80	165,92	125,84	153,72	148,84	142,12	6,94	<0,01	0,03	-	<0,01	0,80
N urina, g/dia	69,37	80,27	90,17	83,47	33,08	50,97	51,69	63,54	10,45	<0,01	0,20	-	-	0,81
N fezes, g/dia	37,69	42,75	43,53	44,04	36,43	44,73	40,95	38,89	3,99	0,42	0,18	-	-	0,70
N excretado, g/dia	107,06	123,01	133,70	112,26	72,97	95,71	92,64	102,43	13,27	<0,01	0,17	-	-	0,51
N retido, g/dia	52,24	51,07	39,10	53,61	53,83	58,02	56,21	39,69	13,23	0,74	0,89	-	-	0,65
N retido, % N ingerido	30,43	29,90	22,60	31,98	43,08	37,46	38,24	27,94	7,85	0,12	0,76	-	-	0,53
N absorvido, g/dia	121,62	131,34	129,27	121,88	89,41	108,99	107,89	103,23	5,37	<0,01	0,05	-	0,01	0,62
N retido, % N absorvido	39,89	39,20	29,85	42,34	61,53	52,40	52,00	38,43	9,60	0,05	0,65	-	-	0,46
PBmic, g/dia	621,29	664,42	733,71	701,56	807,26	743,51	792,06	764,52	102,38	0,20	0,94	-	-	0,93
Efic. mic., g/kg de NDT	8,70	10,21	11,47	10,05	14,38	11,20	12,25	13,09	1,59	0,03	0,88	-	-	0,39
NUP, mg/dL	16,56	16,17	15,86	16,43	11,03	10,33	11,95	13,46	0,58	<0,01	0,54	-	-	0,58
Glicose, mg/dL	74,81	72,58	73,27	80,34	79,01	72,12	65,90	69,82	2,63	0,35	0,53	-	-	0,52

² EPM = Erro padrão da média.

³ Probabilidade de resposta para os tratamentos; P≤0,05 = Significativa.

⁴ P = Efeito do tipo de processamento; FDNv = Efeito das concentrações do FDN oriundo do BIN; L = Efeito linear de FDNv; Q = Efeito quadrático de FDNv;

P*FDNv = interação

A floculação do milho reduziu ($P<0,01$) a ingestão de N (168,03 vs. 142,63 g/dia), reduziu ($P<0,01$) a excreção de N na urina (80,82 vs. 49,82 g/dia), reduziu ($P<0,01$) a excreção total de N (119,01 vs. 90,93 g/dia), reduziu ($P<0,01$) a quantidade de N absorvido (126,03 vs. 102,38 g/dia), reduziu ($P<0,01$) o N-ureico no plasma (NUP) (16,25 vs. 11,69 mg/dL), aumentou ($P=0,05$) o N retido% do absorvido (37,82 vs. 51,09 % do N absorvido) e aumentou ($P=0,03$) a eficiência microbiana (10,11 vs. 12,73 g/kg de NDT) (Tabela 9).

Não houve efeito ($P>0,05$) do processamento sobre o N nas fezes (42,00 vs. 40,25 g/dia), o N retido_{g/dia} (49,00 vs. 51,93 g/dia), o N retido% do ingerido (28,73 vs. 36,68 % de N ingerido), sobre a síntese de proteína microbiana (PBmic) (680,25 vs. 776,84 g/dia) e sobre a concentração de glicose plasmática (75,25 vs. 71,71 mg/dL).

A floculação reduziu a ingestão de N em virtude da menor IMS (Tabela 5) com menor teor de PB da dieta.

Como não houve efeito do processamento para N nas fezes, o N excretado total foi influenciado pela menor excreção de N na urina dos animais que receberam milho floculado. Essa redução na excreção de N na urina desses animais pode ser explicada por dois fatores principais: a) primeiramente, a menor excreção de urina é consistente com a menor concentração de N-NH₃ no fluido ruminal (Tabela 8) e em consequência disso, menores concentrações de NUP. Preston; Schnakenberg e Pfander (1965) relataram alta correlação ($r=0,986$) entre ingestão de N e concentração de NUP. O aumento da excreção de ureia com o aumento da concentração plasmática foi reportado por Rennó et al. (2000); b) a maior disponibilidade de energia para ganho de peso possibilitou maior e mais eficiente utilização da proteína metabolizável da dieta, com maior N retido% do absorvido.

O aumento na concentração de FDN do bagaço de cana das dietas (4, 7, 10 e 13%) causou efeito quadrático ($P<0,01$) na ingestão de N (142,57; 163,90; 160,82 e 154,02 g/dia, respectivamente) e no N absorvido (105,52; 120,17; 118,58 e 112,56 g/dia, respectivamente) (Figura 4).

Não houve efeito ($P>0,05$) das concentrações do FDN do BIN (4, 7, 10 e 13%) sobre o N na urina (51,22; 65,62; 70,93 e 73,51 g/dia, respectivamente), N nas fezes (37,06; 43,74; 42,24 e 41,46 g/dia, respectivamente), N excretado (90,01; 109,36; 113,17 e 107,35 g/dia, respectivamente), N retido_{g/dia} (53,04; 54,54; 47,65 e 46,65 g/dia, respectivamente), N retido% do ingerido (36,76; 33,68; 30,42 e 29,96 % do N ingerido, respectivamente), N retido% do absorvido (50,71; 45,80; 40,92 e 40,38 % do N absorvido,

respectivamente), PBmic (714,28; 703,97; 762,89 e 733,04 g/dia, respectivamente), eficiência microbiana (11,54; 10,71; 11,86 e 11,57 g/kg de NDT, respectivamente), NUP (13,79; 13,25; 13,90 e 14,95 mg/dL, respectivamente) e glicose plasmática (76,91; 72,35; 69,59; 75,08 mg/dL, respectivamente) (Tabela 9).

Figura 4 - (A) Efeito das concentrações do FDN do Bagaço de cana *in natura* (BIN) (4; 7; 10 ou 13%) em dietas com alta proporção de milho moído ou floculado sobre ingestão de nitrogênio; (B) Efeito das concentrações do FDN do BIN (4; 7; 10 ou 13%) em dietas com alta proporção de milho moído ou floculado sobre o nitrogênio absorvido

A ingestão de N e o N absorvido tiveram o mesmo comportamento, com máxima ingestão estimada por regressão com 9,17 e 9,07% de FDN do BIN nas dietas, respectivamente (Figura 4). Esses resultados são consistentes com a resposta em IMS (Figura 1). Da mesma forma, a absorção de N está estreitamente relacionada com a ingestão de N. Padrão de resposta que foi aqui comprovado.

Não houve interação ($P>0,05$) entre as concentrações de FDN do bagaço de cana e métodos de processamento para as atividades de ruminação, ócio, ingestão e mastigação total (Tabela 10). A moagem do milho proporcionou menor tempo de ruminação ($P=0,01$) (290 vs. 342 minutos/dia) e não houve efeito ($P>0,05$) do processamento sobre as atividades de ócio (959 vs. 935 minutos/dia), ingestão (190 vs. 163 minutos/dia) e mastigação total (481 vs. 505 minutos/dia) ($P > 0,05$) (Tabela 10).

As dietas contendo milho floculado provocaram aumentos no tempo de ruminação em 17,93%. Esta resposta é reflexo da menor densidade e maior tamanho médio de partícula (TMP) do milho floculado (Tabela 2) em comparação com milho moído, o que explica o maior tempo gasto com ruminação, considerando que partículas com maior densidade e menor TMP têm maior taxa de passagem (ALLEN, 2000).

O aumento nas concentrações de FDNv nas dietas causou aumento ($P<0,01$) linear no tempo de ruminação (210, 291, 326 e 436 minutos/dia, respectivamente), aumento ($P<0,01$) linear no tempo de mastigação (384, 459, 504 e 625 minutos/dia, respectivamente) e redução ($P<0,01$) linear no tempo de ócio (1056, 981, 936 e 815 minutos/dia, respectivamente) (Tabela 10).

Não houve efeito ($P>0,05$) das concentrações de FDN do BIN sobre os tempos de ingestão (172, 168, 178 e 189 minutos/dia, respectivamente) (Tabela 10).

Martins (2013), constatou aumento linear no tempo de mastigação (minutos/dia), conforme foi incluído BIN (0; 3; 6; 9%) em rações com milho inteiro para bovinos castrados da raça Nelore. Em estudo anterior, Bürger et al. (2000) avaliaram o comportamento de bezerros holandeses recebendo dietas contendo 30; 45; 60; 75 e 90% de concentrado (base na MS) com feno de capim *coast-cross* como fonte de volumoso e constataram haver aumento linear no tempo de ruminação e redução linear no tempo de ócio com o aumento de inclusão de volumoso nas dietas

Tabela 10 – Tempos (minutos/dia) despendidos com as atividades de ingestão, ruminação, ócio e mastigação total de tourinhos Nelore terminados em confinamento alimentados com rações contendo milho moído grosso ou floculado e submetidos às diferentes concentrações da fibra em detergente neutro (FDN) do bagaço de cana *in natura* (BIN)

Variáveis (minutos/dia)	Tratamentos													
	Concentrações de FDN de bagaço de cana <i>in natura</i> (%MS)													
	Milho Moído				Milho Floculado				EPM ¹	Valor de P ²				
	4	7	10	13	4	7	10	13		P ³	FDNv ³	L ³	Q ³	P*FDNv ³
Ruminação	214	247	310	387	205	335	342	485	37,03	0,01	<0,01	<0,01*	-	0,21
Ócio	1030	997	930	880	1082	965	942	750	41,68	0,41	<0,01	<0,01 [#]	-	0,16
Ingestão	192	195	200	172	152	140	155	205	31,74	0,24	0,91	-	-	0,51
Mastigação⁴	410	442	510	560	357	475	497	690	41,68	0,41	<0,01	<0,01 [¥]	-	0,16

¹ EPM = Erro padrão da média.

² Probabilidades de resposta para os tratamentos; P ≤ 0,05 = Significativa.

³ P = Efeito do tipo de processamento; FDNv = Efeito das concentrações do FDN oriundo do BIN; L = Efeito linear de FDNv; Q = Efeito quadrático de FDNv; P*FDNv = interação.

⁴ Estimado pela soma dos tempos despendidos com as atividades de ruminação e ingestão.

* $y = 71,45x + 137$; $R^2 = 0,9644$

[#] $y = -76,8x + 1139$; $R^2 = 0,9643$

[¥] $y = 76,95x + 300,25$; $R^2 = 0,9639$

O tempo de ruminação é altamente correlacionado ($r=0,96$) com a ingestão de FDN por bovinos (WELCH; HOOPER, 1988). O resultado aqui constatado, está em concordância com a conclusão de Welch e Hooper (1988) e foi ratificado no estudo anterior (Exp. 1; capítulo 1; Tabela 9).

4.4 Conclusões

A floculação aumenta o valor energético do milho *flint* e da dieta e permite ao animal manter a ingestão de energia constante com menor ingestão de MS da dieta.

A floculação aumenta a taxa de degradação do amido no rúmen, aumenta a eficiência energética no rúmen, mas reduz a digestão de FDN no trato total mesmo sem causar abaixamento de pH ruminal.

A floculação reduz a perda de N e aumenta a eficiência de uso da proteína da dieta.

Aumento no teor de FDN do BIN na dieta reduz a eficiência da produção de energia no rúmen, porém, estimulam a ruminação.

A inclusão de 7% de FDN de BIN maximiza a ingestão de MS e de energia de bovinos confinados com esse volumoso independentemente dos métodos de processamento testados.

Referências

ALLEN, M.S. Relationship between fermentation acid production in the rumen and the requirement for physically effective fibre. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 80, p. 1447-1462, 1997.

_____. Effects of diet on short-term regulation of feed intake by lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 83, p. 1598-1624, 2000.

ARELOVICH, H.M.; ABNEY, C.S.; VIZCARRA, J.A.; GALYEAN, M.L. Effects of dietary neutral detergent fiber on intakes of dry matter and net energy by dairy and beef cattle: analysis of published data. **Professional Animal Scientist**, Champaign, v. 24, p. 375-383, 2008.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis**. 15th ed. Arlington, 1990. v. 1, 1117 p.

BACH KNUDSEN, K.E.; JOHANSEN, H.N.; GLITSO, V. Methods for analysis of dietary fibre: advantage and limitations. **Journal of Animal Feed Science**, Champaign, v. 6, p. 185–206, 1997.

BARAJAS, R.; ZINN, R.A. The feeding value of dry-rolled and steam-flaked corn in finishing diets for feedlot cattle: influence of protein supplementation. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 76, p. 1744–1752, 1998.

BÜRGER, P.J.; PEREIRA, J.C.; QUEIROZ, A.C.; DA SILVA, J.F.C; VALADARES FILHO, S.C; CECON, P.R.; CASALI, A.D.P. Comportamento ingestivo em bezerros holandeses alimentados com dietas contendo diferentes níveis de concentrado. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 29, n. 1, p. 236-242, 2000.

CHANEY, A.L., MARBACH, E.P. Modified reagents for determination of urea and ammonia. **Clinical Chemistry**, Washington, v. 8, p. 130-132, 1962.

CHEN, X.B.; GOMES, M.J. **Estimation of microbial protein supply to sheep and cattle based on urinary excretion of purine derivatives: an overview of technical details**. Bucksburnd; Aberdeen: Rowett Research Institute; International Feed Research Unit, 1992. 21 p. (Occasional Publication, 1).

CAETANO, M. **Efeito do processamento do milho e dos teores de fibra no desempenho de bovinos Nelore em terminação**. 2011. 127 p. Tese (Doutorado em Ciência Animal e Pastagens) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2011.

CARARETO, R. **Fontes de nitrogênio, níveis de forragem e métodos de processamento de milho em rações para tourinhos da raça Nelore terminados em confinamento**. 2011. 106 p. Tese (Doutorado em Ciência Animal e Pastagens) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2011.

CHIZZOTTI, M.L. **Avaliação da casca de algodão para novilhos de origem leiteira e determinação da excreção de creatinina e produção de proteína microbiana em novilhas e vacas leiteiras**. 2004. 142 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2004.

CLARK, J.H.; KLUSMEYER, T.H.; CAMERON, M.R. Microbial protein synthesis and flows of nitrogen fractions to the duodenum of dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 75, p. 2304-2323, 1992.

CORONA, L.; RODRIGUEZ, S.; WARE, R. ; ZINN, R.A. Comparative effects of whole, ground, dry-rolled, and steam-flaked corn on digestion and growth performance in feedlot cattle. **Professional Animal Scientist**, Champaign, v. 21, p. 200-206, 2005.

CORONA, L.; OWENS, F.N.; ZINN, R.A. Impact of corn vitreousness and processing on site and extent of digestion by feedlot cattle. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 84, p. 3020–3031, 2006.

CORRIGAN, M.E.; ERICKSON, G.E.; KLOPFENSTEIN, T.J.; LUEBBE, M.K.; VANDER POL, K.J.; MEYER, N.F.; BUCKNER, C.D.; VANNESS, S.J.; HANFORD, K.J. Effect of corn processing method and corn wet distiller's grains inclusion level in finishing diets. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 87, p. 3351-3362, 2009.

CRUZ SOTO, R.; MUHAMMED, S.A.; NEWBOLD, C.J.; Stewart, C.S.; Wallace, R.J. Influence of peptides, amino acids and urea on microbial activity in the rumen of sheep receiving grass hay and on growth of rumen bacteria in vitro. **Animal Feed Science and Technology**, Philadelphia, v. 49, n. 1/2, p. 151-161, 1994.

DEFOOR, P.J.; GALYEAN, M.L.; COLE, N.A.; JONES, O.R. Effects of planting density and processing method on laboratory characteristics of grain sorghum for ruminants. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 78, p.2032-2038, 2000.

DOMBRINK-KURTZMAN, M.A.; BIETZ, J.A. Zein composition in hard and soft endosperm of maize. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 70, n. 1, p. 105-108, 1993.

DRAGER, C.D.P.; DEW, F.; BROWN, M.S.; COLE, N.A. The effect of degree of corn processing on the chemical composition of corn. In: PLAINS NUTRITION COUNCIL SPRING CONFERENCE, 2002, Amarillo. **Proceedings...** Amarillo: Texas AgriLife Res. and Ext. Center, 2002. p. 126. (Publication. AREC02-20).

ERWIN, E.S.; MARCO, G.J.; EMERY, E.M. Volatile fatty acid analyses of blood and rumen fluid by gas chromatography. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 44, n. 9, p. 1768-1771, 1961.

GABARRA, P.R.; SANTOS, F.A.P.; BITTAR, C.M.M.; PIRES, A.V.; IMAIZUMI, H. Fontes protéicas e energéticas com diferentes degradabilidades ruminais para 21 novilhos de corte. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, Maringá, v. 29, n. 2, p. 195-202, 2007.

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, 2006. p. 127-144

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.; WAGNER, D.G.; JOHNSON, R.R. Site and extent of starch digestion in steers fed processed corn rations. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 43, p. 1088-1094, 1976.

GILL, D.R.; OWENS, F.N.; MARTIN, J.J.; WILLIAMS, D.E.; ZINN, R. A.; HILLIER, R. J. **Roughage levels in feedlot rations**. Stillwater: Oklahoma Agricultural Experiment Station, 1981. p. 141-146 (Research Report, MP-108).

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.

GOUVÊA, V.N. **Processamento de grãos de milho flint e sua substituição por polpa cítrica em dietas para tourinhos Nelore terminados em confinamento**. 2012. 94 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) – Escola de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2012.

HALES, K.E.; MCMENIMAN, J.P.; LEIBOVICH, J.; VASCONCELOS, J.T.; QUINN, M.J.; MAY, M.L.; DILORENZO, N.; SMITH, D.R.; GALYEAN, M.L. Effects of varying bulk densities of steam-flaked corn and dietary roughage concentration on in vitro fermentation, performance, carcass quality, and acid-base balance measurements in finishing steers. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 88, p. 1135–1147, 2010.

HENNESSY, D.W.; KOHGUN, P.J.; WILLIAMSON, P.J.; BROWN, D.A.; NOLAN, J.V. The effect of nitrogen and protein supplementation on feed intake, growth and digestive function of steers with different *Bos indicus*, *Bos taurus* genotypes when fed a low quality grass hay. **Australian Journal of Agricultural Science**, Sidney, v. 46, n. 6, p. 1121-1136, 1995.

HENRIQUE, W.; BELTRAME FILHO, J.A.; LEME, P.R.; LANNA, D.P.D.; ALLEONI, G.F.; COUTINHO FILHO, J.L.V.; SAMPAIO, A.A.M. Avaliação da silagem de grão de milho úmido com diferentes volumosos para tourinhos em terminação. Desempenho e características de carcaça. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 36, n. 1, p. 183-190, 2007.

HOOVER, W.H. Chemical factors involved in ruminal fiber digestion. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 69, p. 2755-2766, 1986.

HOOVER, W.H.; STOKES, S.R. Balancing carbohydrates and proteins for optimum rumen microbial yield. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 74, p. 3630-3644, 1991.

KREIKEMEIER, K.K.; HARMON, D.L.; BRANDT JR., R.T.; NAGARAJA, T.G.; COCHRAN, R.C. Steam-rolled wheat diets for finishing cattle: effects of dietary roughage and feed intake on finishing steer performance and ruminal metabolism. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 68, p. 2130-2141, 1990.

LAMMERS, B.P.; BUCKMASTER, D.R.; HEINRICHS, A.J. A simple method for the analysis of particle sizes of forage and total mixed rations. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 79, n. 5, p. 922-928, 1996.

LATHAM, M.J.; SUTTON, J.D.; SHARPE, M.E. Fermentation and microorganisms in the rumen and the content of fat in the milk of cows given low roughage rations. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 57, p. 803-810, 1974.

LEIBOVICH, J.; VASCONCELOS, J.T.; GALYEAN, M.L. Effects of corn processing method in diets containing sorghum wet distillers grains plus solubles on performance and carcass characteristics of finishing beef cattle and on in vitro fermentation of diets. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 87, p. 21-24, 2009.

LEME, P.R.; SILVA, S.L.; PEREIRA, A.S.C.; PUTRINO, S.M.; LANNA, D.P.D.; NOGUEIRA FILHO, J.C.M. Utilização do bagaço de cana-de-açúcar e dietas com elevada proporção de concentrados para novilhos Nelore em confinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 32, n. 6, p. 1786-1791, 2003.

LUEBBE, M.K.; PATTERSON, J.M.; JENKINS, K.H.; BUTTREY, E.K.; DAVIS, T.C.; CLARK, B.E.; MCCOLLUM, F.T.; COLE, N.A.; MACDONALD, J.C. Wet distillers grains plus solubles concentration in steam-flaked corn-based diets: effects on feedlot cattle performance, carcass characteristics, nutrient digestibility, and ruminal fermentation characteristics. **Journal Animal Science**, Albany, v. 90, p. 1589–1602, 2012.

LYKOS, T.; VARGA, G. Effects of processing method on degradation characteristics of protein and carbohydrate sources *in situ*. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 78, p. 1789-1801, 1995.

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: 08 jan. 2015.

MACKEN, C.N.; ERICKSON, G.E.; KLOPFENSTEIN, T.J.; STOCK, R.A. Effects of concentration and composition of wet corn gluten feed in steam-flaked corn-based finishing diets. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 82, p. 2718-2723, 2004.

MARQUES, R.S. **Efeitos da variação dos níveis de forragem em dietas contendo grãos de milho inteiro e os benefícios da floculação 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 floculado em dietas de terminação de bovinos Nelore**. 2013. 90 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2013.

MAURICIO, R.M.; MOULD, F.L.; DHANOA, M.S.; OWEN, E.; CHANNA, K.S.; THEODOROU, M.K. A semi-automated *in vitro* gas production technique for ruminants feedstuff evaluation. **Animal Feed Science and Technology**, Philadelphia, v. 79, p. 321-330, 1999.

MCALLISTER, T.A.; GIBB, D.J.; BEAUCHEMIN, K.A.; WANG, Y. Starch type, structure and ruminal digestion. In: CATTLE GRAIN PROCESSING SYMPOSIUM, 2006, Tulsa. **Proceedings...** Tulsa: Oklahoma State University, 2006. p. 30-41.

MEHREZ, A.Z.; ØRSKOV, E.R.; MCDONALD, I. Rates of rumen fermentation in relation to ammonia concentration. **British Journal of Nutrition**, London, v. 38, p. 437-443, 1977.

MERTNS, D.R.; LOFTEN, J. The effects of starch on forage fiber digestion kinetics *in vitro*. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 63, p. 1437-1447, 1980.

MUNIZ, E.B.; MUZUBUTI, I.Y.; PEREIRA, E.S.; PIMENTEL, P.G.; RIBEIRO, E.L.A.; ROCHA JÚNIOR, J.N.; CAPELARI, M.G.M.; BRITO, V.M. Cinética de degradação ruminal de carboidratos de volumosos secos e aquosos. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 32, n. 3, p. 1191-1200, 2011.

MURPHY, M.R.; BALDWIN, R.L.; KOONG, L.J. Estimations of steichiometric parameters of rumen fermentation of roughage and concentrate diets. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 55, p. 4411-442, 1982.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of beef cattle**. 7th ed. Washington: National Academic Press, 1996. 242 p.

_____. **Nutrient requirements of dairy cattle**. 7th Washington: National Academic Press, 2001. 381 p.

NOCEK, J.E.; TAMMINGA, S. Site of digestion of starch in the gastrointestinal tract of dairy cows and its effect on milk yield and composition. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 74, p. 3598-3629, 1991.

NUÑEZ, A.J.C. **Uso combinado de ionóforo e virginiamicina em novilhos Nelore confinados com dietas de alto concentrado**. 2008. 67 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2008.

ODLE, J.; SCHAEFER, D.M. Influence of rumen ammonia concentration on the rumen degradation rates of barely and maize. **British Journal of Nutrition**, London, v. 57, p. 127-138, 1987.

OWENS, F.N.; BASALAN, M. Limits to ruminal and post ruminal starch digestion and energetic efficiency. In: SIMPÓSIO SOBRE BOVINOCULTURA DE CORTE, 7., 2012, São Pedro. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, [2012] 1 CD-ROM.

OWENS, F.N.; SODERLUND, S. Ruminal and post ruminal starch digestions by cattle. In: CATTLE GRAIN PROCESSING SYMPOSIUM, 2006, Tulsa. **Proceedings...** Tulsa: Oklahoma State University, 2006. p. 116-128.

OWENS, F.N.; ZINN, R.A.; KIM, Y.K. Limits to starch digestion in the ruminant small intestine. **Journal of Animal Science**, Albany, v.63, n. 5, p. 1634-1648, 2006.

OWENS, F.N.; SECRIST, D.S.; HILL, W.J.; 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.

PARSONS, C.H.; VASCONCELOS, J.T.; SWINGLE, R.S.; DEFOOR, P.J.; NUNNERY, G.A.; SALYER, G.B.; GALYEAN, M.L. Effects of wet corn gluten feed and roughage levels on performance, carcass characteristics, and feeding behavior of feedlot cattle. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 85, p. 3079–3089, 2007.

PASSINI, R.; BORGATTI, L.M.; FERREIRA, F.A.; RODRIGUES, P.H. Degradabilidade no rúmen bovino de grãos de milho processados de diferentes formas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 3, p. 271-276, 2004.

PELL, A.N.; SCHOFIELD, P. Computerized monitoring of gas production to measure forage digestion in vitro. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 76, p. 1063-1073, 1993.

PERES, S.M. **Processamento de grãos de milho do tipo flint ou duro e adequação proteica em rações para bovinos em terminação: desempenho animal e digestibilidade do amido**. 2011. 89 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2011.

PIMPA, O.; LIANG, J.B.; JELAN, Z.A.; ABDULLAH, N. Urinary excretion of duodenal purine derivatives in Kedah-Kelantan cattle. **Animal Feed Science and Technology**, Philadelphia, v. 92, p. 203-214, 2001.

PLASCENCIA, A.; ZINN, R.A. Influence of flake density on the feeding value of steam-processed corn in diets for lactating cows. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 74, p. 310-316, 1996.

PLASCENCIA, A.; BERMUDEZ, R.; CERVANTES, M.; CORONA, L.; DAVILA-RAMOS, H.; LÓPEZ-SOTO, M.A.; MAY, D.; TORRENTA, N.; ZINN, R.A. Influence of processing method on comparative digestion of white corn vs. conventional steam-flaked yellow dent corn in finishing diets for feedlot steers. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 89, p. 136-141, 2011.

PRESTON, K. Protein-carbohydrate interactions. In: HAMER, R.; HOSENEY, R.C. (Ed.). **Interactions: the keys to cereal quality**. St Paul: American Association of Cereal Chemists, 1998. p. 81-93.

PRESTON, R.L.; MATULKA, L.A. **Influence of steps in the flaking process and flake density on starch availability and mineral content of sorghum grain**. Lubbock: Texas Tech Univ., Texas Tech Agric. Sci., 1994. 30 p. (Technical Report, T-5-342).

PRESTON, R.L.; SCHNAKENBERG, D.D.; PFANDER, W.H. Protein utilization in ruminants. I. Blood urea nitrogen as affected by protein intake. **Journal of Nutrition**, Bethesda, v. 68, n. 3, p. 281-288, 1965.

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, 2006. p. 150-154.

RENNÓ, L.N.; VALADARES, R.F.D.; VALADARES FILHO, S.C.; LEÃO, M.I.; DA SILVA, J.F.; CECON, P.R.; GONÇALVES, L.C.; DIAS, H.L.C.; LINHARES, R.S. Concentração plasmática de ureia e excreções de ureia e creatinina em novilhos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 29, p. 1235-1243, 2000.

- RIHANI, N.; GARRET, W.N.; ZINN, R.A. Influence of level of urea and method of supplementation on characteristics of digestion of high-fiber diets by sheep. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 71, p. 1657-1665, 1993.
- SANTOS, F.A.P. Metabolismo de proteínas. In: Berchielli, T.T.; Pires, A.V.; Oliveira, S.G. (Ed.). **Nutrição de Ruminantes**. Jaboticabal: Funep, 2006. p. 255-284.
- WELCH, J.G.; HOOPER, A.P. Ingestion of feed and water. In: CHURCH, D.C. (Ed.). **The ruminant animal: digestive physiology and nutrition**. Englewood Cliffs: Reston, 1988. p. 108-116.
- SATTER, L.D.; SLYTER, L.L. Effect of ammonia concentration on rumen microbial protein production in vitro. **British Journal of Nutrition**, London, v. 32, p. 199-205, 1974.
- SILVA, T.C.; SANTOS, E.M.; MACEDO, C.H.O.; LIMA, M.A.; AZEVEDO, J.A.G.; PINHO, M.A.; PERAZZO, A.F.; OLIVEIRA, J.S. Cinética de fermentação ruminal in vitro de silagens de híbridos de sorgo. **Arquivos Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 66, p. 1865-1873, 2014.
- SMITH, W.R.; YU, I.; HUNGATE, R.E. Factors affecting cellulolysis by *Ruminococcus albus*. **Journal of Bacteriology**, Washington, v. 114, p. 729-737, 1973.
- SNIFFEN, C.J.; O'CONNOR, J.D.; VAN SOEST, P.J.; FOX, D.G.; RUSSELL, J.B. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II- Carbohydrate and protein availability. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 70, p. 3562-3577, 1992.
- STROBEL, H.J.; RUSSELL, J.B. Effect of pH and energy spilling on bacterial versus corn starch or beet pulp fiber diet effects of digestion and intestinal amino acids in dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 76, p. 2692-2700, 1986.
- SUDWEEKS, E.M.; ELY, L.O.; MERTENS, D.R.; SISK, L.R. Assessing minimum amounts and form of roughages in ruminant diets: roughage value index system. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 53, p. 1406-1410, 1979.
- UWITUZE, S.; PARSONS, G.L.; SHELOR, M. K.; DEPENBUSCH, B.E.; KARGES, K.K.; GIBSON, M.L.; REINHARDT, C.D.; HIGGINS, J.J.; DROUILLARD, J.S. Evaluation of dried distillers grains and roughage source in steam-flaked corn finishing diets. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 88, p. 258-274, 2010.
- VALADARES, R.F.D.; BRODERICK, S.C.; VALADARES FILHO, S.C.; Clayton M.K. Effect of replacing alfafa silage with high moisture corn on ruminal protein synthesis estimated from excretion of total purine derivatives. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 82, p. 2686-2696, 1999.
- VARGA, G.A.; KOLVER, E.S. Microbial and animal limitations to fibre digestion and utilization. **Journal of Nutrition**, London, v. 127, p. 819S-823S, 1997.

WEISS, W.P.; CONRAD, H.R.; ST. PIERRE, N.R. A theoretically-based model for predicting total digestible nutrient values of forages and concentrates. **Animal Feed Science and Technology**, Philadelphia, v. 39, p. 95-110, 1992.

WELCH, J.G.; HOOPER, A.P. Ingestion of feed and water. In: CHURCH, D.C. (Ed.). **The ruminant animal: digestive physiology and nutrition**. Englewood Cliffs: Reston, 1988. p. 108-116.

WILES, P.G.; GRAY, I.K.; KISSLING, R.C. Routine analysis of protein by Kjeldahl and Dumas Methods: review and inter laboratory study using dairy products. **Journal of AOAC International**, Gaithersburg, v. 81, p. 620-632, 1998.

YU, P. Effects of ground, steam-flaked, and steam-rolled corn grains on performance of lactating cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 81, p. 777-783, 1998.

ZINN, R.A. Influence of lasalocid and monensin plus tylosin on comparative feeding value of steam-flaked versus dry-rolled corn in diets for feedlot cattle. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 65, p. 256-266, 1987.

_____. Influence of flake density on the comparative feeding value of steam-flaked corn for feedlot cattle. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 67, p. 767, 1990.

ZINN, R.A.; OWENS, F.N.; WARE, R.A. Flaking corn: processing mechanics, quality standards, and impacts on energy availability and performance of feedlot cattle. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 80, p. 1145-1156, 2002.

ZINN, R.A.; BARRERAS, A.; CORONA, L.; OWENS, F.N.; PLASCENCIA, A. Comparative effects of processing methods on the feeding value of maize in feedlot cattle. **Nutrition Research Reviews**, Seoul, v. 24, n. 2, p. 183-190, 2011.

5 CONCLUSÕES GERAIS

A floculação do milho *flint* aumenta o valor energético do grão, a concentração de energia da dieta, a ingestão de ELg, o GPD e a eficiência alimentar dos animais acima dos valores relatados na literatura com milho dentado.

A inclusão de 7% de FDN de bagaço de cana-de-açúcar na dieta é suficiente para otimizar ingestão de MS e de energia de bovinos confinados com dietas com alto teor de amido.