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

**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**

Carolina Guerra Martins

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

**Piracicaba
2013**

Carolina Guerra Martins
Zootecnista

**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**

versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011

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

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

Piracicaba
2013

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

Martins, Carolina Guerra

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 / Carolina Guerra Martins. - - versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011. - - Piracicaba, 2013.
89 p: il.

Dissertação (Mestrado) - - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 2013.

1. Bovinos 2. Milho grão 3. Milho floculado 4. Confinamento 5. Metabolismo I. Título

CDD 636.291
M378n

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

À minha família, por me proporcionar um ambiente de respeito e educação, além de condições plenas para estudar e vencer na vida, especialmente aos meus avós Juarez (*in memoriam*) e Therezinha.

Ao meu avô Juarez, sempre lembrado em minhas conquistas, por ser meu maior exemplo de vida e quem, certamente, me levou a escolher uma profissão parecida com a dele.

À vovó Therezinha, meu exemplo de bondade, doação e força. Com ela aprendi a importância do trabalho, obtive sábios conselhos e serei eternamente grata a tudo que fez por mim.

Dedico

AGRADECIMENTOS

Sempre a Deus.

Ao Professor Flávio Augusto Portela Santos por ter concedido o meu pedido de orientação, pela atenção dispensada durante esses anos e pelo aprendizado adquirido.

Ao Conselho Nacional de Pesquisa, pela concessão da bolsa de estudos durante o curso.

À Fundação de Apoio à Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP pelo financiamento do projeto de pesquisa.

À Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, seus professores e funcionários, pela oportunidade de aprendizado, pesquisa e troca de informações.

Ao Professor Douglas dos Santos Pina e sua esposa Natália Krish de Paiva Souza que, além da amizade, sempre estiveram dispostos a contribuir com a inteligência que lhes é peculiar.

Ao doutor Pedro Veiga Rodrigues Paulino pela gentileza em me ajudar.

Aos pesquisadores João Paulo Monnerat e Márcio Duarte pelos conselhos, apoio técnico e aprendizado.

Ao Eduardo Primon Taveira Freitas pelo incentivo, acolhimento e compreensão.

Aos amigos feitos durante essa caminhada, que me proporcionaram um ambiente de descontração e alegrias nos intervalos do curso: Gustavo Nápoles, Amália Saturnino, Gislaine Romano, Fabiane Costa, Álvaro Wosniak, Letícia Custódio, Rafaela Pereira, Pâmela Rizzo, Leonardo Willian, Danilo Perina. Em especial Cléo Fialho e Mariana Gallo, que me receberam como uma irmã em Piracicaba.

Aos amigos do Nutribov que muito me ajudaram ao longo do experimento: Diogo Fleury, Lucas Chagas, Humberto Mello, Camila Delveaux, Paola Gabarra, Murilo Garrett, Luiz Dell Agostinho Neto (Conçolo) e João Dórea (Baiano).

À estagiária Adrielle Ferrinho pela solidariedade.

À secretária Sandra Vicente Augusto pelos esclarecimentos e pela competência em resolver todas as burocracias.

Aos funcionários Sr. Laureano Alves e Fábio Sales (Pomba), pelos ensinamentos, por toda ajuda e serviços prestados.

Ao técnico do Laboratório de Bromatologia, Carlos César Alves, pelo apoio durante a condução das análises laboratoriais, pela boa vontade e por sempre sanar minhas dúvidas.

Às funcionárias da limpeza Taninha e Nélia, por fazerem nosso ambiente de trabalho ficar melhor e pela alegria esbanjada todos os dias!

À Universidade Federal de Viçosa, que me deu subsídios para concluir mais uma etapa.

“Nunca se esqueça de seus amigos, serão mais importantes, na medida em que você envelhece, independentemente, do quanto você ame sua família, os filhos que por ventura venha a ter, você sempre irá precisar de amigos.

Lembre-se ocasionalmente deles, vá a lugares com eles, faça coisas com eles, telefone para eles, parabeneze pelos seus netos. Isso é fundamental, pois após os cinquenta anos, tenha em mente, que: o tempo passa; a vida acontece; a distância separa; as crianças crescem; os empregos vão e vem; o

amor fica mais frouxo; as pessoas não sabem o que deveriam fazer; o coração rompe; os pais morrem; os colegas se esquecem dos favores; as carreiras terminam; os filhos seguem suas vidas, como você tão bem ensinou, pois vocês foram os arcos, embora eles sejam as flechas; mas os verdadeiros amigos estarão lá, não importa quanto tempo e quantos quilômetros estão entre vocês; um amigo nunca está mais distante do que o alcance de uma necessidade, torcendo por você, intervindo a seu favor, e esperando você de braços abertos, abençoando sua vida. Quando iniciamos esta aventura chamada vida, não sabemos das incríveis alegrias ou tristezas que estavam por vir, nem sabíamos quando precisaríamos um dos outros.”

**Parte da homenagem feita pelo Prof. Dr. Godofredo Cesar Vitti ao
Prof. Dr. Caetano Ripoli, da qual me aproprio para oferecer aos
meus amigos.**

Que Deus não permita que eu perca o ROMANTISMO, mesmo eu sabendo que as
rosas não falam.

Que eu não perca o OTIMISMO, mesmo sabendo que o futuro que nos espera não
é assim tão alegre.

Que eu não perca a VONTADE DE VIVER, mesmo sabendo que a vida é, em
muitos momentos, dolorosa.

Que eu não perca a vontade de TER GRANDES AMIGOS, mesmo sabendo que,
com as voltas do mundo, eles acabam indo embora de nossas vidas.

Que eu não perca a vontade de AJUDAR AS PESSOAS, mesmo sabendo que
muitas delas são incapazes de ver, reconhecer e retribuir esta ajuda.

Que eu não perca o EQUILÍBRIO, mesmo sabendo que inúmeras forças querem
que eu caia.

Que eu não perca a VONTADE DE AMAR, mesmo sabendo que a pessoa que eu
mais amo, pode não sentir o mesmo sentimento por mim.

Que eu não perca a LUZ e o BRILHO NO OLHAR, mesmo sabendo que muitas
coisas que verei no mundo, escurecerão meus olhos.

Que eu não perca a GARRA, mesmo sabendo que a derrota e a perda são dois
adversários extremamente perigosos.

Que eu não perca a RAZÃO, mesmo sabendo que as tentações da vida são
inúmeras e deliciosas.

Que eu não perca o SENTIMENTO DE JUSTIÇA, mesmo sabendo que o
prejudicado possa ser eu.

Que eu não perca o meu FORTE ABRAÇO, mesmo sabendo que um dia meus
braços estarão fracos.

Que eu não perca a BELEZA E A ALEGRIA DE VER, mesmo sabendo que
muitas lágrimas brotarão dos meus olhos e escorrerão por minha alma.

Que eu não perca o AMOR POR MINHA FAMÍLIA, mesmo sabendo que ela
muitas vezes me exigiria esforços incríveis para manter a sua harmonia.

Que eu não perca a vontade de DOAR ESTE ENORME AMOR que existe em meu
coração, mesmo sabendo que muitas vezes ele será submetido e até rejeitado.

Que eu não perca a vontade de SER GRANDE, mesmo sabendo que o mundo é
pequeno.

E acima de tudo... Que eu jamais me esqueça que Deus me ama infinitamente,
que um pequeno grão de alegria e esperança dentro de cada um é capaz de mudar
e transformar qualquer coisa, pois a VIDA É CONSTRUÍDA NOS SONHOS E
CONCRETIZADA NO AMOR!

Francisco Cândido Xavier

SUMÁRIO

RESUMO.....	13
ABSTRACT.....	15
1 INTRODUÇÃO.....	17
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	21
2.1 Caracterização dos grãos de milho.....	21
2.2 Diferenças entre o milho duro e o milho dentado.....	24
2.3 Processamento de grãos de milho.....	25
2.4 Digestão pós-ruminal de amido.....	31
2.5 Milho grão inteiro em dietas de confinamento.....	37
2.6 Inclusão de níveis mínimos de forragens em dietas de confinamento.....	40
3 MATERIAL E MÉTODOS	43
3.1 Animais e instalações experimentais.....	43
3.2 Delineamento experimental e análises estatística.....	44
3.3 Rações experimentais e manejo alimentar.....	46
3.4 Colheita de dados e amostragens nos períodos de a.....	47
3.4.1 Amostragem de ingredientes.....	48
3.4.2 Coleta de fezes.....	49
3.4.3 Análises bromatológicas.....	49
3.4.4. Determinação da digestibilidade no trato	50
3.4.5 Parâmetros ruminais.....	52
3.4.6 Ensaio de produção de gases in vitro.....	54
3.4.7 Comportamento ingestivo.....	55
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	57
5 CONCLUSÕES	81
REFERÊNCIAS	83

RESUMO

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

O objetivo deste trabalho foi a avaliação metabólica de dietas contendo níveis de inclusão de bagaço de cana-de-açúcar *in natura* (0, 3, 6, 9% da MS da dieta) associados a milho grão inteiro ou floculado (360g/L), perfazendo um total de cinco tratamentos. Foram utilizados cinco bovinos machos castrados da raça Nelore, com peso médio inicial igual a 479,2kg; contendo cânulas no rúmen, distribuídos em um delineamento Quadrado Latino 5x5. Tratamentos aplicados: MI-0: milho inteiro sem inclusão de BIN (bagaço de cana-de-açúcar *in natura*); MI-3: milho inteiro com 3% de BIN; MI-6: milho inteiro com 6% de BIN; MI-9: milho inteiro com 9% de BIN; MF-6: milho floculado com 6% de BIN. O método de processamento não alterou o consumo de MS e nutrientes ($p>0,05$) e não houve efeito de nível de inclusão de BIN ($p>0,05$), exceto para o consumo de FDN que aumentou linearmente ($p=0,0145$) com a inclusão de BIN. Os coeficientes de digestibilidade não diferiram entre os métodos de processamento e nem entre os níveis de BIN ($p>0,05$), apesar do efeito positivo da inclusão de BIN no pH ruminal ($p=0,0001$). O milho duro utilizado no presente estudo quando fornecido inteiro para bovinos Nelore em dietas com altos teores de concentrado apresentou ao redor de 96% da concentração de ELM e de ELG (2,12 e 1,44 Mcal/Kg de MS) em relação ao valor tabular do NRC (1996) para milho dentado (2,18 e 1,50 Mcal/Kg de MS). Os maiores teores de BIN na dieta ocasionaram maiores tempos gastos na atividade de ingestão ($p<0,05$) e mastigação ($p<0,05$) e, também, houve uma tendência ($p=0,0702$) para maior tempo de alimentação à medida que o teor de BIN foi aumentando. O método de floculação não alterou os VfCF e VfCNF, no entanto, diminuiu a KdCF e aumentou a KdCNF e o lag time.

Palavras-chave: Bovinos; Milho grão; Milho floculado; Confinamento; Metabolismo

ABSTRACT

Levels of fresh sugar cane bagasse associated with whole corn or steam flaked corn on finishing diets of Nellore steers

The objective of this study was to evaluate diets containing levels of fresh sugar cane bagasse (0, 3, 6, 9% DM) associated with whole or steam flaked corn grain (360g/L) in metabolic parameters of cattle. Five rumen cannulated Nellore steers, weighing 479.2 kg at the beginning of the experiment, were distributed in five treatments in a 5x5 Latin Square design. Experimental treatments were the following finishing diets: WC-0: whole corn with no addition of sugar cane bagasse (SCB); WC-3: whole corn with 3% SCB; WC-6: whole corn with 6% SCB, WC-9: whole corn with 9% SCB; SFC-6: steam flaked corn with 6% SCB. Despite the increased *in vitro* Kd of non-fibrous carbohydrates (NFC), steam flaked corn did not improve the nutritional value of corn grain in comparison with whole grain based on *in vivo* metabolic assay. The inclusion of dietary SCB did not improve DM intake and digestibility of nutrients, but resulted in positive effects on ruminal pH. The addition of whole *flint* corn used in the present study in the diet of Nellore steers fed high concentrate finishing diets, had approximately 96% of NEm and NEg concentrations (2.11 and 1.44 Mcal / kg DM) in comparison to tabular values from (1996) for *dent* corn (2.18 and 1.50 Mcal / kg DM), for DM intake restricted to 85% of potential intake.

Keywords: Cattle; Whole corn; Steam flaked corn; Feedlot metabolism

1 INTRODUÇÃO

O nutriente de maior abundância nos grãos de cereais é o amido, representando de 65 a 72% da matéria seca do milho e do sorgo (HUNTINGTON, 1997; OWENS et al., 1997). Como esse nutriente é a principal fonte de energia para bovinos terminados em confinamento é necessário um aproveitamento eficiente dos grãos por meio da maior absorção ao longo do trato digestivo (OWENS; SODERLUND, 2006; SANTOS et al., 2011).

A digestibilidade do amido pode apresentar variações de acordo com o tipo de cereal e o método de processamento. O teor de amilose e presença de intensa matriz protéica revestindo o grânulo de amido são fatores que limitam a sua digestão e variam conforme o tipo de cereal. Grãos de sorgo contêm matriz protéica mais densa do que grãos de milho dentado (ROONEY; PFLUGFELDER, 1986). Grãos de milho duro assemelham-se ao sorgo quanto à presença de matrizes proteicas (SANTOS et al., 2011). Métodos de processamento que rompam ou destruam essas matrizes proteicas têm efeito positivo na digestibilidade do amido no trato digestivo total e no desempenho animal (ROONEY; PFLUGFELDER, 1986; THEURER, 1986; HUNTINGTON, 1997; OWENS et al., 1997; OWENS; ZINN, 2005; SANTOS et al., 2011).

O processamento adequado dos grãos de milho e de sorgo aumenta a disponibilidade do amido tanto no rúmen quanto no trato posterior e melhora as características de mistura da ração, aumentando assim o desempenho animal (OWENS et al., 1997).

Em pesquisa realizada com consultores especializados, responsáveis pelo manejo nutricional de 70% (18 milhões) dos bovinos em confinamento nos EUA, Vasconcelos e Galyen (2007) relataram que a maioria absoluta de todo o milho utilizado nas dietas daqueles animais sofria algum tipo de processamento, sendo a floculação o método mais empregado.

No Brasil, a mesma pesquisa foi realizada e os resultados indicaram que a maioria do milho utilizado em confinamentos brasileiros era do tipo duro, sendo a moagem fina o método de processamento mais utilizado (MILLEN et al., 2009).

A floculação adequada de grãos de milho dentado aumenta 15% o teor de energia líquida de manutenção (ELm) e 18% a energia líquida de ganho (ELg) quando comparada à laminação a seco ou moagem grosseira (ZINN et al., 2002).

Comparando bovinos confinados recebendo milho floculado com aqueles recebendo milho laminado a seco, a eficiência alimentar do primeiro tratamento foi 12% mais alta do que a do segundo tratamento. Isso acontece porque a ingestão de MS do tratamento contendo milho floculado foi mais baixa do que a do milho laminado a seco, porém, o ganho de peso não foi afetado (OWENS et al., 1997).

Em dietas formuladas para confinamentos americanos, as forragens são incluídas, tradicionalmente, em pequenas quantidades, que variam de 0 a 13,5% da MS da ração total (OWENS, 2008) com o intuito da manutenção de um rúmen saudável e diminuir a incidência de desordens digestivas, tais como acidose, abscessos hepáticos e laminite (NAGARAJA; LENCHTENBERG, 2007). Já em dietas formuladas para confinamentos brasileiros, o nível de inclusão de forragem é consideravelmente maior, variando de 12 a 45% (MILLEN et al., 2009).

A alta inclusão de forragem na dieta faz com ela não fique tão competitiva economicamente quando comparada as dietas de teor mais elevado de grãos, pois há uma redução da energia líquida de ganho, aumento do custo por unidade de energia metabolizável, o que dificulta o gerenciamento e o manejo em confinamentos comerciais (BRITTON; STOCK, 1987; ZINN; WARE, 2007).

Foram conduzidos estudos para avaliar a viabilidade da redução ou eliminação da forragem nas dietas de terminação com a utilização de milho grão inteiro como fonte de amido na dieta total. O não processamento desse ingrediente possibilita baixas taxas de passagem e menor degradação ruminal do amido quando comparado com o milho floculado e o milho grão úmido ensilado (BRITTON; STOCK, 1987).

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Caracterização dos grãos de milho

A estrutura dos grãos de cereais reflete a sua função biológica: proteção e transporte do embrião, complementada com uma fonte de energia para ajudar na germinação e crescimento inicial. O pericarpo encapsula o embrião ou germe, bem como o endosperma, que contém a maior parte do amido. Dentro do endosperma fica a camada de aleurona, que contém enzimas essenciais e inibidores das mesmas. Abaixo da camada de aleurona localizam-se os endospermas periférico e córneo, que contêm grânulos de amido embebidos numa matriz rica em proteínas (KOTARSKI et al., 1992).

Variações na abundância de camadas de endosperma é que classificam o milho: vítreo, duro, ceroso ou opaco. Essas diferenças estruturais relacionam-se com diferenças relatadas *in vitro* ou *in vivo* na digestão entre as fontes de grãos e as diferenças subsequentes no desempenho animal, atribuíveis às espécies ou variedades de grãos (ROONEY; PFLUGFELDER, 1986; McALLISTER et al., 1990b; STREETER et al., 1990 a, b, 1991; KOTARSKI et al., 1992; WESTER et al., 1992).

Figura 1 - Composição básica do grão de milho

Foto: adaptado milkpoint.com.br

A principal fonte de energia do grão de cereal é a molécula de amido. O amido é formado, principalmente, por amilose e amilopectina. A amilose é um polímero linear de unidades α 1,4-D-glicose, enquanto a amilopectina é um polímero

ramificado com cadeias lineares de D-glicose que a cada 20 a 25 unidades de glicose apresenta um ponto de ramificação caracterizado por uma ligação do tipo α 1,6-D-glicose. As proporções dos dois polissacarídeos variam entre as espécies e variedades, contribuindo com um teor de amilose que varia de 0 a 20% do total (ROONEY; PFLUGFELDER, 1986; KOTARSKI et al., 1992). Também estão presentes quantidades relativamente pequenas de pectina e açúcares, que, juntamente com o amido, compõem os carboidratos não estruturais (NOCEK; TAMMINGA, 1991).

Os grânulos de amido são formados por unidades semi-cristalinas compostas de regiões amorfas e cristalinas, mantidas por pontes de hidrogênio, possuindo uma simetria radial e apresentando, muitas vezes, uma estrutura lamelar ou de anéis bem definidos. A interação entre os componentes dos grânulos de amido formando estruturas semi-cristalinas, além de manter a estrutura granular, torna o amido insolúvel em água fria (BANKS; GREWOOD, 1975; EVERS; MECDERMOTT, 1970). No caso do endosperma farináceo, estão presentes concentrações mais altas de grânulos de amido que não estão incorporados à matriz proteica. O amido do endosperma farináceo é mais susceptível às forças externas, tais como digestão ou processamento de grãos.

De maneira geral, os grânulos de amido incham e absorvem água igual a 50% de seu peso. Essa situação é reversível após resfriamento e secagem. No entanto, quando o calor é aplicado (60 a 80°C), o amido sofre inchaço irreversível e gelatinização, em que os grânulos perdem sua cristalinidade. Este processo está relacionado com áreas amorfas, porém, como calor e umidade são adicionados, as áreas cristalinas também são afetadas (NOCEK; TAMMINGA, 1991).

A ligação intermolecular forte entre as moléculas de amido, juntamente com a natureza compacta do grânulo de amido, impedem a absorção de umidade rapidamente, mas amido de milho sob condições atmosféricas absorve 10-17% de umidade. Os 8 a 11% iniciais são considerados água de reconstrução. Em condições de saturação de água e temperaturas abaixo de 60°C, o amido de milho absorve no máximo 40% de água, resultando em um inchaço reversível do grânulo (OWENS et al., 1997).

Tabela 1 - Propriedades dos componentes do amido

Propriedades	Componente	
	Amilose	Amilopectina
Estrutura geral da cadeia	linear	Ramificada
Pontos de ramificação	nenhum [‡]	1 a cada 20-25 unidades de glicose
Coloração ao ligar-se com Iodo	azul intenso	marrom avermelhado
Estabilidade em solução	baixo	Alto

Adaptado de Rooney e Pflugfelder (1986)

[‡]As cadeias ramificadas de amilose podem apresentar 1 ou 2 ramificações por molécula

A taxa e a extensão da digestão do amido no rúmen são determinados por relações entre diversos fatores, incluindo fonte de amido na dieta, composição da dieta, quantidade de ração consumida por unidade de tempo, alterações mecânicas (processamento, mastigação), alterações químicas (grau de gelatinização, hidratação) e grau de adaptação da microbiota ruminal à dieta. Para que haja aumento da digestibilidade do amido três abordagens devem receber maior atenção: gestão do consumo de ração; processamento de grãos; e aditivos alimentares (HUNTINGTON, 1997).

A taxa de digestão de partículas no rúmen é diretamente proporcional à extensão de digestão e o aumento da taxa de passagem de partículas alimentares é diretamente proporcional ao aumento do consumo de ração (HUNTINGTON, 1997).

A maioria dos métodos de processamento aumentam a digestão ruminal do amido, o que, geralmente, aumenta a porcentagem de digestão do amido do intestino delgado. O tipo de processamento e a proporção de grãos na dieta podem influenciar na porcentagem de digestibilidade em cada compartimento do trato (NOCEK; TAMMINGA, 1990).

Aditivos, como ionóforos, podem afetar a quantidade de amido que é digerido no rúmen. Da mesma forma, tratamentos com formaldeído ou compostos fenólicos são utilizados para reduzir ou limitar a digestão ruminal de amido (HUNTINGTON, 1997).

A maioria dos aditivos para alimentação animal (ZINN, 1987; BURRIN et al., 1988; STOCK et al., 1990; ZINN; BORGUS, 1993), tratamentos químicos

(BRANDT, 1992; FLUHARTY; LOERCH, 1989; MAHMOUDZADED et al., 1989; McALLISTER et al., 1990a, 1992a, 1992b; OKE et al., 1991; CASTLEBURY; PRESTON, 1993) e alteração de consumo por técnicas de gestão do mesmo (LOERCH, 1990; PRITCHARD, 1995) são para diminuir as chances de adversidades causadas por dietas de alto grão, tais como timpanismo, acidose e abscesso no fígado. A ideia é focar em maneiras de retardar a taxa de fermentação ou neutralizar os ácidos produzidos. Da mesma forma, o objetivo principal da pesquisa sobre técnicas de processamento de grãos de amido é evitar que haja um melhor aproveitamento do amido pela flora bacteriana ruminal (HUNTINGTON, 1997).

2.2 Diferenças entre o milho duro e o milho dentado

Nas principais regiões produtoras de milho do mundo, o milho cultivado é quase em sua totalidade do tipo dentado (Dent – *Zea mays* SSP. *Indentata*), enquanto que o milho cultivado no Brasil é predominantemente do tipo duro (Flint – *Zea mays* ssp. *Indentura*) (CORREA et al., 2002). Grãos de milho do tipo dentado possuem amido mole, poroso e têm baixa densidade. 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. O enrugamento do endosperma no topo da semente origina a indentação. Grãos do tipo duro, ou *flint*, possuem endosperma duro ou cristalino ocupando quase todo seu volume e baixa proporção de endosperma farináceo. A vitreosidade é definida como a proporção de endosperma duro (vítreo) com relação ao endosperma total, sendo que grãos duros têm alta vitreosidade e densidade (MARQUES, 2011).

A viabilidade de alterar a matriz proteica irá variar com a quantidade de proteína associada com o grânulo de amido. Alguns grânulos de amido estão rodeados por uma matriz espessa de proteínas. Estes compõem o endosperma vítreo ou córneo. O endosperma vítreo é encontrado nas laterais das sementes de milho dentado. Em contraste, no endosperma farináceo os grânulos são rodeados por uma matriz proteica mais fina (OWENS et al., 1997).

As estruturas químicas dos grânulos de amido e suas ligações com fragmentos de proteína no grão afetam tanto a taxa quanto a extensão da fermentação ruminal (STREETER et al., 1990; PHILIPPEAU et al., 2000). Grânulos

de amido no endosperma farináceo são mais frouxamente ligados à proteínas e são mais fermentescíveis do que os grânulos embebidos na matriz proteica do endosperma vítreo. Comparações entre variedades de milho dentado e duro mostram que, embora o teor total de amido seja similar entre o milho dentado e o duro, esse último possui um maior grau de vitreosidade e, também, taxa e extensão de desaparecimento ruminal de amido mais lentos em ensaios *in vitro*, *in situ* e *in vivo* (PHILIPPEAU et al., 1999a; TAYLOR; ALLEN, 2005a). No entanto, nem todas essas respostas são consistentes em todos os estudos (HUNTINGTON et al., 1997).

Em geral, o aumento da oferta de grãos com amido muito fermentescível está associada com um aumento da produção de ácidos orgânicos, aumento de proteína microbiana, diminuição da digestão da fibra. Diminuição da concentração de amônia e diminuição da relação acetato:propionato (POORE et al., 1993; MARTIN et al., 1999; PHILIPPEAU et al., 1999b; OBA; ALLEN, 2003 a, 2003b, 2003c).

2.3 Processamento de grãos de milho

O processamento de grãos é uma importante ferramenta de manipulação da fermentação ruminal e tem sido utilizado como uma alternativa para aumentar a disponibilidade de carboidratos no rúmen. Pode ser definido como qualquer processo físico que muda a estrutura molecular original ou a composição física do mesmo (THEURER, 1986; BARMORE, 1994; OWENS et al., 1986).

A digestibilidade ruminal e intestinal do amido tem um impacto muito importante na produção animal. Dependendo da fonte de amido e do processamento da mesma, as unidades de glicose que a formam podem estar fortemente ou fracamente aderidas umas às outras. A digestibilidade do amido oriundo do milho é limitada pela matriz proteica que envolve os grânulos de amido e pela própria natureza compacta do mesmo (ZINN et al., 2002).

O principal efeito do processamento de grãos é o aumento da digestibilidade do amido no rúmen, havendo maior produção de AGCC e de proteína microbiana, maximizando sua utilização pós-rúmen. Deve-se atentar, no entanto, à produção excessiva de AGV oriunda da fermentação do amido e, conseqüentemente, comprometimento das atividades ruminais (ZINN et al., 2002).

A maximização da utilização do amido é dependente dos métodos de processamento, das fontes de amido utilizadas e da espécie animal. A utilização eficiente do amido é fundamental para melhorar a eficiência alimentar tanto em bovinos adultos como jovens. O aumento da digestibilidade ruminal do amido provoca maior produção de propionato como proporção total de AVG no rúmen. Esse ácido graxo é um importante precursor para a gliconeogênese em ruminantes, proporcionando melhor desempenho animal (THEURER, 1986; POORE et al., 1993; CHEN et al., 1994).

O processamento térmico dos grãos, como a floculação, tem sido utilizado para melhorar a digestibilidade dos grãos por gelatinização do amido (RYU et al., 1999). Este difere de outros métodos de processamento pelo fato do grão sofrer um cozimento sob pressão, umidade e alta temperatura, em um curto espaço de tempo, causando a expansão dos grãos processados (CASTELLS et al., 2005).

Tabela 2 - Coeficientes de digestibilidade do amido do grão de milho submetido a diferentes tipos processamentos

Item	Tipo de processamento	
	Laminação	Floculação
	a seco	a vapor
Digestão do amido no rúmen, % ingerido	63,8 ^b	84,05 ^a
Digestão pós-ruminal do amido, % entrou	72,16 ^b	94,33 ^a
Digestão do amido no intestino delgado, % ingerido	20,08	16,39
Digestão do amido no intestino delgado, % entrou	58,83 ^b	92,48 ^a
Digestão do amido no intestino grosso, % ingerido	11,66 ^a	0,42 ^b
Digestão do amido no intestino grosso, % entrou	56,32 ^a	20,47 ^b
Digestão do amido no trato total, % ingerido	91,03 ^b	99,09 ^a

Adaptado de Owens e Soderlund (2007)

Letras diferentes indicam diferenças significativas entre as médias (P<0,05)

A redução do tamanho das partículas por moagem, prensagem ou amassamento em geral pode melhorar o desempenho animal. A moagem é o processo pelo qual os ingredientes são reduzidos em seu tamanho pela força do impacto, corte ou atrito. Seguindo-se à moagem está o peneiramento, o qual determinará o tamanho das partículas do alimento, que pode influenciar na digestibilidade dos nutrientes e, como consequência, na maximização da resposta

pelo animal (BELLAYER; NONES, 2000). Um ponto importante quando da utilização desse processamento é a quebra do pericarpo na parte externa do grão. Esta permite que o endosperma do grão esteja mais acessível à ação da microbiota ruminal. O processamento mecânico aumenta a digestibilidade do amido tanto no rúmen quanto no intestino. Os grãos podem ser finamente ou grosseiramente moídos. Quando finamente moídos apresentam maior digestibilidade, entretanto, grãos excessivamente moídos podem levar a um aumento da incidência de acidose nos animais (THEURER, 1986; OWENS et al., 1986).

Do ponto de vista nutricional pode-se considerar que quanto menor o tamanho das partículas do alimento, maior o contato dessas com microrganismos e sulcos digestivos, favorecendo sua digestão e absorção. Entretanto, alimentos finamente moídos, podem resultar em menor consumo, além de causar paraqueratose ruminal, reduzindo a capacidade absorptiva das papilas ruminais (NUSSIO, 2003).

O grau de moagem é caracterizado de acordo com o tamanho das partículas e, em geral, se utiliza uma variável, que é o diâmetro geométrico médio (DGM). O qual se correlaciona de forma positiva com o tamanho das partículas (POZZA et al., 2005).

Segundo Biagi (1998), a redução de tamanho dos grãos se inicia com a retirada de camadas externas e essa redução modifica as características físicas e pode melhorar os processos de mistura, manuseio e transporte dos mesmos.

As barreiras físicas para digestão do amido incluem a cutícula do grão, a matriz proteica que envolve os grânulos de amido e a baixa solubilidade do amido, por si só. Alguns processos, como a trituração, rompem a cutícula, mas, normalmente, têm pouco efeito sobre a matriz proteica que envolve o amido ou sobre sua solubilidade. A utilização mais completa do amido requer um maior grau de rompimento do grânulo de amido, que pode ser obtido por meio de processamento a vapor apropriado. Os tratamentos que envolvem umidade, calor e pressão causam o rompimento da matriz proteica que recobre e encapsula o grânulo de amido, aumentando a sua eficiência de utilização (OWENS, 1997).

A gelatinização do amido resulta da combinação entre umidade, calor, energia mecânica e pressão. A temperatura do processo de gelatinização varia com o tipo de amido processado. Os grânulos de amido são insolúveis em água fria, mas incham quando aquecidos em meio aquoso. No início do processo o inchamento é reversível e as propriedades óticas, como a birrefringência dos grânulos, permanecem inalteradas. Quando determinada temperatura é atingida, o inchamento torna-se irreversível, a estrutura do grânulo começa a se alterar significativamente e inicia-se a perda da sua birrefringência e a difusão do material para a água que o circunda (LEACH, 1965; GREENWOOD, 1979).

A peletização consiste na passagem forçada dos grãos por uma matriz compactando-os em peletes. O vapor é adicionado ao processo com o objetivo de elevar a temperatura do alimento para 60 a 80°C e elevar o teor de umidade do mesmo para 12 a 13%, com vapor saturado de 95 a 100% durante 30 a 40 segundos. Conforme a gelatinização avança pela inclusão de grãos com menor temperatura de processamento e pela utilização de boas práticas de produção, peletes de melhor qualidade são produzidos. As principais razões para peletizar um alimento é facilitar seu manuseio e melhorar sua palatabilidade (OWENS et al., 1986; THEURER, 1986; KLEIN, 1999).

No processo de laminação, durante um período de 1 a 8 minutos, o grão é exposto ao vapor, elevando sua umidade de 12 a 14%, sendo comprimido e quebrado durante sua passagem por dois rolos de superfície sulcada. Não existe vantagem em digestibilidade quando se compara a laminação a vapor com o processo de moagem (NUSSIO, 2002).

A extrusão é um processo de cozimento sob pressão, umidade e alta temperatura em um curto espaço de tempo. As principais funções desse processo são hidratação, mistura, tratamento térmico, gelatinização do amido, desnaturação protéica, destruição de microrganismos e alguns componentes tóxicos do alimento. Os grãos são pressionados por meio de uma hélice com orifício reduzido, produzindo grande intensidade sobre o material e esta produz calor. Normalmente, máquinas extrusoras cozinham o alimento em temperaturas de 138° a 160°C e pressão de 20 a 40 atm, durante 30 segundos ou menos. Quando o grão passa no orifício e a pressão diminui subitamente, o grão se expande e reidrata, causando a

gelatinização do amido (CHEFTEL et al., 1986; O'CONNOR, 1987; CASTELLS et al., 2005). Este processo destrói a natureza cristalina do grânulo de amido, tornando sua superfície mais exposta a ação de solventes digestivos, enzimas e microrganismos ruminais (BATAGLIA, 1990; MELLO JUNIOR, 1991).

O processo de floculação consiste na aplicação de vapor por 30 a 40 minutos sobre o grão, o qual absorve água, aumentando seu tamanho e dando início à gelatinização do amido. Os grãos são, então, passados pelos rolos, com a formação de flocos, nos quais a área superficial é aumentada significativamente e a matriz protéica que envolve o grânulo de amido é quebrada (SANTOS et al., 1997). De acordo com Theurer et al. (1986), a digestibilidade do amido tanto no rúmen como no restante do trato digestório é maior para milho e sorgo floculado em comparação com esses grãos finamente moídos ou laminados. Os elementos que definem um padrão de qualidade para o milho floculado são a espessura do floco, a densidade do mesmo, a solubilidade do amido e a reatividade enzimática. A densidade do floco é o padrão de qualidade mais comum e está intimamente associado à disponibilidade de amido e reatividade enzimática (OWENS et al., 1997).

Ao aplicar um tempo maior de vapor, pode-se reduzir a pressão a exercida pelo rolo. Ou seja, a digestibilidade do amido de milho cozido no vapor por 34 minutos e em flocos com densidade igual a 0,31 kg/L pode ter um amido de digestibilidade semelhante à de milho cozido no vapor por 68 minutos, mas em flocos de densidade igual a 0,39 kg/L (OWENS et al., 1997). Zinn (1990b) ao diminuir a densidade do floco de 0,39 kg para 0,31 kg/L verificou aumento de 4,5% na produção de AGCC, de 3% na eficiência alimentar e, também, aumento nos valores de energia líquida metabolizável e energia líquida de ganho.

Comparando o efeito da densidade de grãos de cereais floculados, Owens et al. (1997) verificaram que flocos mais finos (menos densos) proporcionaram aumento na ingestão de matéria seca e aumento da energia metabolizável do grão (exceto o milho). No entanto, a eficiência alimentar em nenhum dos trabalhos revisados por eles foi superior para os flocos finos em relação aos flocos médios de qualquer grão, apesar da queda na ingestão de matéria seca e ganho médio diário.

Na Califórnia, foram preferidos flocos médios aos flocos finos em estudos com milho, mas não com cevada, provavelmente devido à distúrbios metabólicos e diminuição na ingestão de matéria seca com o floco fino (OWENS et al., 1997).

Ao fazer escolhas entre os métodos de processamento dos grãos, os produtores devem considerar não só o valor nutricional, mas também os custos associados com o processamento. Estes incluem a manipulação extra, bem como equipamentos, energia e mão-de-obra. Os custos de processamento variam muito entre e dentre os processamentos. Sendo que quanto maior o processamento mais atento deve-se ficar, devido à eminência de distúrbios metabólicos (OWENS et al., 1997).

Crocker et al. (1998) avaliaram a influência de grãos de milho floculado e laminado em dietas de vacas leiteiras, sobre a ingestão dos nutrientes e a composição do leite. Os autores não observaram diferenças na concentração total de AGV e no pH do fluido ruminal, entretanto, as concentrações de propionato e valerato ruminal aumentaram de forma linear, e as de acetato, butirato e isovalerato e a relação acetato:propionato diminuíram linearmente, quando menores proporções de grãos laminados foram incluídos na dieta. De acordo com os autores, o maior grau de fermentação do amido no rúmen possivelmente desencadeou o aumento linear na porcentagem molar de propionato quando a quantidade de grãos laminados era menor na dieta. O processamento térmico dos grãos demonstrou aumentar a produção de propionato ruminal (JOY et al., 1997; CROCKER et al., 1998), enquanto a produção de butirato parece ser aumentada pelo processamento físico (MURPHY et al., 1994).

Amaral (2002) avaliou o efeito do processamento de ração completa no desempenho, na digestibilidade e no desenvolvimento de câmaras gástricas de cabritos Saanen, distribuídos em três tratamentos: ração farelada, peletizada ou extrusada. Valores de rendimento de carcaça, conversão alimentar, digestibilidade da MS, proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE) e energia não diferiram. Entretanto, quanto à conversão alimentar pós-desaleitamento, o ganho de peso e o consumo de MS no tratamento com ração peletizada proporcionaram melhores resultados. Além disso, animais que ingeriram ração peletizada ou extrusada obtiveram melhor desenvolvimento ruminorreticular em relação aos que foram alimentados com ração

farelada. Entre os três tipos de processamentos avaliados, a peletização promoveu melhores resultados.

2.4 Digestão pós-ruminal do amido

A digestão ruminal e intestinal do amido não podem ser separadas porque a pré-digestão no rúmen influencia a quantidade e a composição do amido que chega ao intestino delgado. O aumento do grau de processamento, geralmente, aumenta a degradação ruminal de amido, o que diminui o fluxo de amido para o intestino e, assim, reduz a porcentagem de ingestão do amido que estava disponível para ser digerido no intestino delgado (OWENS et al., 1986).

Cerca de 75 a 80% do amido ingerido é degradado no rúmen. Em média, 35-60% do amido que entra no intestino delgado é degradado. Da fração que escapa do intestino delgado, 35 a 50% são degradados no intestino grosso. A baixa digestibilidade no intestino grosso e a incapacidade de aproveitar a proteína microbiana produzida no mesmo impõem uma barreira à eficiência digestiva pós-ruminal. Assim, a digestibilidade no intestino delgado deve ser otimizada. O processo de assimilação de amido em ruminantes é complexo e continua a ser um meio pelo qual o aumento da eficiência de produção pode ser adquirido (HARMON, 2009).

Dados de desempenho de bovinos em crescimento alimentados com grãos processados de milho e sorgo indicam que a digestibilidade do amido no intestino delgado é 42% mais eficiente do que no rúmen (OWENS et al, 1986). A digestão no intestino delgado é mais eficiente porque não produz metano, porém, a extensão de digestão é maior no rúmen.

Estudos mostram que bovinos de corte possuem suprimento adequado de glicose a partir de fontes alimentares e sugerem que a fermentação ruminal do amido para fornecer outros nutrientes (energia, substratos, aminoácidos) poderia melhorar a eficiência do uso de amido para o crescimento. Já vacas de leite têm a utilização de amido mais otimizada, pois a reciclagem de glicose é 7,5 vezes mais alta do que a oxidação de CO₂ (HUNTINGTON, 1997).

Para quebrar o amido em glicose são necessárias enzimas capazes de quebrar ligações α -1,4 e α -1,6-glicosídicas (amilose e amilopectina). Amilase pancreática quebra amilose em maltotriose e maltose. A atividade da maltase no intestino delgado produz glicose. A hidrólise da amilopectina é completada no intestino delgado pela isomaltase, porque a amilase pancreática não tem atividade α -1,6-glicosídica (NOCEK; TAMMINGA, 1991).

O papel do pâncreas fornecer enzimas digestivas para garantir a completa decomposição de substratos na digesta duodenal e para neutralizar o quimo ácido que sai do abomaso pela secreção de bicarbonato a fim de proporcionar um ambiente ideal para atividade enzimática (HUNTINGTON et al., 2007). O pH ótimo para ativação da α -amilase é 6,9 (RUSSELL et al., 1981). Os produtos da fase inicial de assimilação do amido são uma mistura de maltose, maltotriose e diferentes dextrinas resultantes de ramificações α -1,6 (HARMON, 1993).

O processo de assimilação intestinal do amido começa no lúmen do intestino delgado com a secreção e ação da α -amilase pancreática, a qual é sintetizada nas células acinares pancreáticas. Uma vez sintetizada, a α -amilase e outras enzimas são empacotadas em grânulos de zimogênio e armazenadas até que um estímulo sinaliza a célula para iniciar uma exocitose, evento para liberar as enzimas para o duodeno. A α -amilase é uma endoglucosidase, ou seja, não requer extremidades livres das cadeias de amilose para a atividade, mas é capaz de hidrolisar ligações internas α -1,4-glicosídicas (HARMON, 2009).

À medida em que se aumenta a ingestão de energia, aumenta-se, também, a secreção de α -amilase pancreática. A concentração e a secreção dessa podem ser manipuladas nutricionalmente, no entanto, faltam estudos para determinar o mecanismo exato de regulação em ruminantes (NOCEK; TAMMINGA, 1991).

Por meio da infusão pós-ruminal de carboidratos foram feitas algumas tentativas para investigar a regulação de α -amilase. A infusão de glicose, maltose e amido pós-abomasal mostrou que a glicose aumenta a secreção de α -amilase pancreática, maltose não tem nenhum efeito e amido diminui a secreção (NOCEK;

TAMMINGA, 1991). Dietas de alto grão (KREIKEMEIER et al., 1990), infusão de carboidratos pós-rúmen em bovinos (SWANSON et al., 2002b; WALKER; HARMON, 1995) ou o aumento de ingestão de dietas de alto concentrado (SWANSON et al., 2008) têm reduzido a secreção ou concentração de α -amilase no pâncreas.

Taniguchi et al. (1995) ao realizarem infusão pós-ruminal de amido e caseína, demonstraram que na presença de caseína houve aumento do fornecimento de glicose para as vísceras drenadas pelo sistema porta. Isso sugere que a caseína (ou proteína) pode, de alguma forma, melhorar o desaparecimento intestinal de amido. Outras pesquisas mostraram que a secreção de α -amilase pancreática também aumentou quando a caseína foi infundida abomasalmente (RICHARDS et al., 2003). Estes estudos demonstraram que a caseína tem influência na regulação da α -amilase do pâncreas. Estes dados são suporte à observação anterior de que o pâncreas é altamente responsivo à proteína, mas que, dependendo do carboidrato da dieta, tem sua secreção diminuída.

Foi proposto um mecanismo de absorção pelo qual açúcares saem do lúmen intestinal através de espaços intercelulares (MADARA; PAPPENHEIMER, 1987; PAPPENHEIMER, 1990, 1987; PAPPENHEIMER; REISS, 1987). Para que isso ocorra, a glicose luminal deve estar presente em altas concentrações ($> 25\text{mm}$), e a concentração deve exceder o transporte ativo, o que não ocorre em condições fisiológicas (FERRARIS et al., 1990). No entanto, esse processo contribui em experimentos onde há infusão pós-ruminal de glicose (KREIKEMEIER; HARMON, 1995; KREIKEMEIER et al., 1991).

O segundo meio pelo qual os açúcares podem atravessar a membrana luminal é pelo transportador GLUT5. Esse transportador é responsável pela entrada de frutose nos enterócitos intestinais (BURRANT et al., 1992), mas não pelo transporte de glicose ou galactose. Transporta frutose por um gradiente de concentração. Frutose, como um componente de sacarose, representaria uma contribuição significativa para o fornecimento de carboidratos ao homem. No entanto, sua representatividade em ruminantes é desconhecida, uma vez que pequena quantidade de frutose passa para o intestino delgado numa dieta típica para ruminantes (HARMON, 2009).

O terceiro meio, e talvez o mais importante, pelo qual a glicose atravessa a membrana da borda em escova é feita pelo transporte de glicose sódio-dependente, SGLT1 (HEDIGER; RHOADS, 1994). Esse mecanismo possui alta afinidade com o transportador de glicose, transportando-a em pares por um gradiente de Na⁺. Esse gradiente Na⁺ é mantido pela enzima Na⁺-K⁺-ATPase na membrana basolateral (HARMON, 2009).

O transportador que contribui para a entrada e saída de açúcar dos enterócitos é o GLUT2. Esse tem sido considerado a principal via de saída de glicose das células, bem como a entrada de glicose do sangue em enterócitos (THORENS, 1993). Frutose também pode atravessar a membrana basolateral pela atividade do GLUT2 (CHEESEMAN, 1993). Entretanto, evidências mais recentes sugerem que o GLUT2 apical pode ser o princípio da rota de absorção de glicose no lúmen intestinal (KELLETT; HELLIWELL, 2000).

O modelo atual de absorção sugere que o GLUT2 é rapidamente inserido na membrana apical, em resposta à glicose no lúmen do intestino (KELLETT; BROT-LAROCHE, 2005).

Existe uma limitação de digestão no intestino delgado e as hipóteses discutidas para tal fato são o tempo de exposição, o tamanho de partícula e a digestão enzimática (HUNTINGTON et al., 2007). No entanto, Owens et al. (1986) afirmaram que a limitação da digestão não é enzimática, pois não foi detectado nenhum platô na quantidade de amido desaparecido do intestino delgado em animais recebendo dietas típicas. A comunidade científica ainda não aceita esse argumento e discute-se a existência de limitação, sim.

A falta de uma adaptação de resposta do pâncreas para o aumento de amido na dieta dos ruminantes (KREIKEMEIER et al., 1990) continua a ser uma enigma biológico e levou à especulação de que a α -amilase pancreática é a fase de limitação de assimilação de amido intestinal (HUNTINGTON, 1997) ou, até mesmo, atividade inadequada da isomaltase (NOCEK; TAMMINGA, 1991). Outros autores (OBA; ALLEN, 2003a, 2003b; TAYLOR; ALLEN, 2005b) concluem a partir de seus resultados com vacas leiteiras que a característica físico-químicas das partículas de milho é o principal limitador da digestão do amido intestinal.

Há evidências que a secreção de amilase pode ser melhorada pelo aumento da entrada duodenal de proteína. A capacidade de transporte ativo de glicose pela parede do intestino parece não limitar a quantidade de amido digerido que é absorvida como glicose. Para ruminantes consumindo dietas de médio a alto concentrado, 30% de sua necessidade total de glicose vem da absorção da mesma, 50% da absorção de ácidos orgânicos (substratos para a gliconeogênese hepática) e 20% de outras fontes. Quando a absorção de glicose no intestino aumenta, os ruminantes diminuem a gliconeogênese para atender a sua necessidade. Em termos de rendimento em energia metabolizável, o amido dos grãos é melhor utilizado quando é fermentado no rúmen (HUNTINGTON, 1997).

Orskov (1986) relatou que estratégias nutricionais que visam ao aumento da digestão pós-ruminal do amido podem ser pouco vantajosas devido às limitações da digestão do amido e da capacidade de absorção de glicose no intestino delgado, diminuição da proteína microbiana no rúmen e ao estímulo da secreção de insulina, que pode comprometer a produção de leite. No entanto, Owens et al. (1986) preponderaram que se a extensão da digestão do amido e a capacidade de absorção de glicose no intestino delgado forem limitantes nos ruminantes, é improvável que esses limites sejam alcançados em condições normais de alimentação.

Owens et al. (1986), em revisão, afirmaram que o baixo valor de digestibilidade intestinal do amido encontrado nos trabalhos avaliados ocorreu porque o amido mais disponível foi fermentado no rúmen. Dessa forma, maiores valores de digestibilidade poderiam ser encontrados se o amido fosse infundido diretamente no intestino delgado, preponderando que a capacidade de digestão do amido poderia estar sendo subestimada.

Nocek e Tamminga (1991) avaliaram a relação entre a quantidade de amido que escapa da fermentação ruminal e a digestão intestinal desse, para determinar se a digestão pós-ruminal do amido foi limitante. Houve uma relação linear positiva entre as duas variáveis, indicando que o aumento da quantidade (em peso) de amido que escapou da fermentação ruminal foi acompanhado pelo aumento da quantidade (em peso) de amido digerido no intestino delgado. Porém, foi demonstrado que a eficiência (em%) de digestão do amido no intestino delgado

foi reduzida linearmente com o aumento da quantidade de amido que escapou da fermentação ruminal.

Dessa forma, é aceito que o intestino delgado possa ter capacidade limitada de digestão do amido que escapa da fermentação ruminal. Isso pode ser devido à atividade limitada da amilase, maltase e isomaltase, em razão da insuficiência de produção e secreção ou presença de inibidores dessas enzimas; à capacidade limitada de absorção da glicose secretada pela digestão do amido; o tempo insuficiente para hidrólise completa do amido; o acesso inadequado das enzimas aos grânulos de amido por causa da insolubilidade ou proteção física conferida pela matriz proteica aos grânulos (OWENS et al., 1986).

Huntington et al. (2007) afirmaram que a digestão do amido no intestino delgado é energeticamente mais eficiente desde que a digestibilidade do amido que chega ao intestino delgado seja, no mínimo, 75%. Valores dessa magnitude só são observados quando o consumo de amido é baixo ou quando o animal é alimentado com silagem de grão úmido ou floculado.

2.5 Milho grão inteiro em dietas de confinamento

A alimentação com milho grão inteiro elimina os custos com o processamento e melhorias no desempenho animal quando são utilizados grãos laminados ou moídos muitas vezes não são suficientes para compensar o custo de processamento (GOROCICA-BUENFIL; LOERCH, 2005).

O uso de grãos de milho inteiro pode ser interessante em determinadas situações, pois permite trabalhar com níveis mínimos de forragem ou sem forragem alguma na dieta total (GOROCICA-BUENFIL; LOERCH, 2005) (Figura 2).

Figura 2 – Tratamento experimental com nível zero de forragem, apenas milho grão inteiro e suplemento peletizado (MI-0)

A digestibilidade do milho grão inteiro aumenta com a mastigação, pois a cutícula é rompida e isso permite o acesso de bactérias ruminais ao amido para fermentação (GOROCICA-BUENFIL; LOERCH, 2005).

Alguns fatores influenciam a digestibilidade do milho grão inteiro e, dentre eles, podem ser citados o tipo de volumoso e o nível de inclusão, a idade do animal, a fonte de proteína, a concentração de proteína na dieta, o pH do rúmen e as características do grão (dureza, umidade, concentração de outros compostos).

O milho grão inteiro pode ser utilizado para aplicações específicas, tais como rações iniciais, situações com limitação de alimentos, quando a forragem é inferior a 5% da dieta e quando é proibido o uso de ionóforos e antibióticos na alimentação.

Murphy et al. (1994) relataram aumento nas concentrações de AGCC e diminuição do pH ruminal quando milho em grão foi substituído por grão laminado na dieta de novilhos em confinamento. O processamento demonstrou aumentar a proporção molar de butirato e propionato ruminal, enquanto a proporção de acetato foi reduzida. No entanto, o processamento de grãos teve menos influência na produção de AGCC total e no pH ruminal quando forragens foram incorporadas à ração. Joy et al. (1997) observaram que o pH do fluido ruminal não foi afetado pelo processamento, mas o milho floculado diminuiu a porcentagem molar de acetato e aumentou a de propionato.

Traxler et al. (1995), observaram que animais alimentados com milho grão inteiro sem forragem apresentaram menor ingestão de matéria seca, ganho de peso diário similar e melhor eficiência alimentar (GPD/IMS) do que os animais alimentados com grãos de milho quebrado com forragem na dieta.

Owens et al. (1997), em uma revisão, avaliaram o efeito de diferentes tipos de grãos e do método de processamento sobre a ingestão de matéria seca, a taxa e a eficiência de ganho de peso em bovinos alimentados com dietas ricas em concentrado. Maior consumo foi observado em dietas contendo grãos laminados a seco, seguido por grãos inteiros, laminados a vapor e floculados a vapor. Grão finamente moído resultou em baixa ingestão.

Reis e Combs (2000) avaliaram o efeito do processamento de milho sobre a produção e composição do leite, o ambiente ruminal e a utilização do amido por vacas em lactação. Vacas alimentadas com milho laminado a vapor tenderam a ter maior percentual de proteínas e menor concentração de N uréico no leite em relação às vacas alimentadas com milho grão inteiro. A produção de leite e a digestibilidade do amido no trato gastrointestinal total não foram afetadas pelo tipo de processamento. Além disso, níveis mais elevados de processamento podem influenciar negativamente a digestibilidade da fibra dietética (JOY et al., 1997; CROCKER et al., 1998).

Gorocica-Buenfil e Loerch (2005) compararam milho grão inteiro e milho quebrado com dois níveis de silagem de milho (5 e 18% da MS). A inclusão de 18% de silagem de milho na dieta de milho inteiro reduziu significativamente o consumo de matéria seca dos animais. Não houve vantagem em incluir forragem nas dietas com milho inteiro.

A eficiência da utilização de dietas com milho grão inteiro no Brasil pode ser limitada devido ao tipo de milho cultivado nesse país, que é do tipo duro, com endosperma vítreo. Diferentemente do milho usado nos EUA, que é dentado, com endosperma farináceo e de maior digestibilidade.

2.6 Inclusão de níveis mínimos de forragem em dietas de confinamento

Em animais de alta produção, que demandam quantidades elevadas de energia dietética, a influência do alimento sobre o consumo de matéria seca é bastante associada à sua composição em fibra insolúvel em detergente neutro (FDN) (BRANCO et al., 2010).

Segundo Rode et al. (1985), a diminuição do nível de volumoso na dieta aumenta a digestibilidade da matéria seca (MS) e da matéria orgânica (MO), provavelmente em virtude da redução de carboidratos fibrosos e do aumento na

disponibilidade de carboidratos não fibrosos na dieta. De acordo com Valadares Filho (1985), os carboidratos não estruturais possuem elevado coeficiente de digestibilidade da MS em relação aos carboidratos estruturais, o que reflete em maior digestibilidade da MS e da MO nas rações com menor proporção de volumoso e fibra.

Para rações formuladas em confinamentos, no Brasil, a inclusão média de volumoso é de 28,8% na MS da dieta total (OLIVEIRA; MILLEN, 2011). Inclusões altas de volumosos em dietas de terminação economicamente não são competitivas quando comparadas com grãos e co-produtos, além de reduzirem a energia líquida de ganho (ELg), aumentar o custo por unidade de energia metabolizável (EM) e dificultar o manejo e gerenciamento em confinamentos comerciais.

Olson et al. (1999) relataram que os microrganismos amilolíticos se desenvolvem mais rapidamente que os fibrolíticos, pois os amilolíticos apresentam uma vantagem competitiva quanto ao uso de nitrogênio para seu rápido crescimento, limitando a disponibilidade de nitrogênio para os microrganismos celulolíticos. O aumento de quantidade de carboidratos rapidamente fermentáveis no rúmen com a diminuição dos níveis de FDN de forragem (FDNf) nas rações fortaleceria essa competição. Estes relatos confirmam as citações de Russel (1998), o qual notou que o excesso de carboidratos, na presença de quantidades inadequadas de compostos nitrogenados, poderia ter efeitos negativos no crescimento microbiano, principalmente dos microrganismos celulolíticos. Segundo Santini et al. (1992) e Madrid et al. (1997), os carboidratos não estruturais, apesar de suprirem energia para os microrganismos ruminais, dependendo do nível de inclusão, podem ter efeito negativo sobre sua atividade celulolítica, inibindo a digestão da fibra, principalmente pela redução do pH ruminal

Volumosos em dietas de alto grão devem ter partícula grande para ajudar a diluir os ácidos no rúmen, estimular a mastigação e o fluxo de saliva para o tamponamento ruminal. A menor densidade de partículas propicia maior flutuação no rúmen, aumenta a ruminação e diminui a digestibilidade (OWENS et al., 1997).

Custo e disponibilidade determinam a escolha, mas, deve-se analisar qual volumoso complementa melhor o grão e o método de processamento (OWENS et al., 1997).

O National Research Council - NRC (1996) propôs que baixas concentrações de FDN efetiva (FDNe) na dieta diminuem a ingestão de matéria seca e energia líquida (EL) da dieta. Eles também propuseram que 25% de FDN efetiva (FDNe) é suficiente para manter o pH adequado para digestão máxima de forragem e crescimento microbiano (OWENS et al., 1997).

No levantamento feito por Vasconcelos e Gaylean (2007), entrevistando 29 consultores americanos, os quais são responsáveis pela alimentação de mais de 18 milhões de cabeça de bovinos em confinamento, foi relatado de 65,5% dos consultores recomendavam rações que continham de 70 a 85% de grãos na MS.

No Brasil, o número de animais terminados em confinamento vem crescendo nos últimos anos, amparado no aumento da disponibilidade de grãos e co-produtos gerados com o crescimento significativo da agricultura brasileira. A maior oferta de grãos e co-produtos, o custo elevado de alimentos volumosos e o crescimento de confinamentos de grande porte no país têm aumentado o interesse por rações de terminação com altos teores de concentrado (SANTOS; MOSCARDINI, 2007).

Com relação aos níveis de forragem, foi questionado no Brasil se animais zebuínos seriam capazes de responder de forma consistente a rações com teores altos de concentrado (LANNA et al., 1998). Entretanto, no trabalho de Leme et al. (2003) novilhos Nelore apresentaram melhor rendimento de carcaça quando alimentados com ração com 85% de concentrado do que com rações com 79 e 73%. Nunez et al. (2008) relataram que bovinos Nelore apresentaram maior eficiência alimentar com ração com 91% de concentrado do que com 73%.

Marques (2011) conduziu na ESALQ/USP, um trabalho com tourinhos da raça Nelore e com milho do tipo flint ou duro, em que foram estudados 3 níveis de bagaço de cana (0, 3 e 6% de MS) em dietas com grão de milho inteiro. No presente estudo a inclusão de apenas 3% de bagaço na dieta com milho inteiro foi suficiente para otimizar a ingestão de matéria seca, o ganho de peso diário, o peso final e o peso de carcaça quente dos animais. A melhora no desempenho foi consequência da maior ingestão de energia pelos animais, determinada pela maior ingestão de matéria seca. No mesmo estudo de Marques (2011) os tratamentos com milho inteiro foram comparados com o milho floculado com 6% de bagaço na dieta. A floculação do milho reduziu o CMS dos animais em relação ao milho inteiro com

bagaço e foi igual ao milho inteiro sem volumoso. Entretanto, a eficiência alimentar dos animais foi expressivamente superior com milho floculado.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Animais e instalações experimentais

O experimento foi conduzido nas instalações do Departamento de Zootecnia da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, localizada no município de Piracicaba-SP.

Foram utilizados cinco bovinos machos castrados da raça Nelore, com peso médio inicial igual a 479,2kg; contendo cânulas no rúmen. Os animais foram alojados em barracão coberto, com piso cimentado e contidos individualmente com uso de cabresto e corda, com acesso à bebedouro e comedouro individuais (Figura 3).

No início do período experimental (dia 0) todos os animais receberam uma dose de vermífugo (abamectina como princípio ativo), vacina contra clostridiose e complexo vitamínico ADE. Os animais foram pesados no início e no final de cada período experimental.

Figura 3 – Animais e instalação experimental

3.2 Delineamento experimental e análises estatísticas

Os animais foram distribuídos em delineamento Quadrado Latino 5x5.

Os tratamentos testados foram:

MI-0: milho inteiro sem inclusão de BIN;

MI-3: milho inteiro com 3% de BIN (%MS);

MI-6: milho inteiro com 6% de BIN (%MS);

MI-9: milho inteiro com 9% de BIN (%MS);

MF-6: milho floculado com 6% de BIN (%MS).

Foram realizados cinco períodos experimentais de 17 dias cada, sendo 10 dias para adaptação dos animais à dieta experimental e os outros 7 dias para a coleta de dados, totalizando 85 dias experimentais após a adaptação dos animais às dietas de alto grão.

Todas as variáveis foram analisadas pelo programa estatístico STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM – SAS (2003), considerando-se 5% de probabilidade para o erro tipo I. As médias de mínimos quadrados para o efeito de tratamentos foram calculadas pelo LSMEANS, sendo as comparações de tratamentos feitas pela partição da soma de quadrado de tratamentos em contrastes ortogonais como se segue:

Tabela 3 – Comparações de tratamentos por meio da partição da soma de quadrado de tratamentos em contrastes ortogonais

Contraste	Tratamentos				
	MF - 6	MI - 0	MI - 3	MI - 6	MI - 9
MF – 6 vs demais	4	-1	-1	-1	-1
Linear	0	-3	-1	1	3
Quadrático	0	1	-1	-1	1
Cúbico	0	-1	3	-3	1

Todos os dados foram testados para se verificar a distribuição normal dos erros, utilizando-se o PROC UNIVARIATE (SAS, 2003). Os dados referentes ao

consumo e digestibilidade dos nutrientes, comportamento, com exceção aos referentes à frequência, foram analisados segundo o modelo estatístico:

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + P_j + T_k + \varepsilon_{ijk},$$

Onde: μ média geral, A é o efeito aleatório do animal i, P é o efeito aleatório do período experimental j, T é o efeito fixo do tratamento k, ε_{ijk} é o erro aleatório associado a cada observação referente ao efeito do tratamento k, no animal i, no período j. Os dados de frequência foram analisados através do PROC NPAR1WAY (SAS – 2003) sendo as comparações de médias feitas pelo Teste de Kruskal-Wallis.

A avaliação estatística das variáveis excreção de amido fecal, DTA, ELM e EJg foram realizadas segundo o delineamento em quadrado latino (5 x 5) segundo o esquema de parcelas subdivididas:

$$Y_{ijk} = \mu + C_i + E_{ijk} + T_j + C_i \times T_j + A_k + P_l + \varepsilon_{ijkl},$$

Onde: μ média geral, C é efeito fixo do método de coleta fecal i (total ou spot), E_{ijk} é o erro aleatório associado ao efeito de fixo do método de coleta, T é o efeito fixo do tratamento j, $C_i \times T_j$ é o efeito fixo da interação entre o método de coleta fecal i e o tratamento j, A é o efeito aleatório do animal k, P é o efeito aleatório do período experimental l, ε_{ijkl} é o erro aleatório associado a cada observação referente ao efeito do tratamento j, no animal k, no período l, no esquema de coleta i.

Para avaliação estatística das variáveis pH e N-NH₃ adotou-se também o delineamento em quadrado latino (5 x 5) segundo o esquema de medidas repetidas no tempo conforme o modelo abaixo:

$$Y_{ijk} = \mu + TC_i + T_j + TC_i \times T_j + A_k + P_l + \varepsilon_{ijkl},$$

Onde: μ média geral, TC é efeito fixo do tempo de coleta i (horas), T é o efeito fixo do tratamento j, $TC_i \times T_j$ é o efeito fixo da interação entre o tempo de coleta i e o tratamento j, A é o efeito aleatório do animal k, P é o efeito aleatório do período experimental l, ε_{ijkl} é o erro aleatório associado a cada observação referente ao efeito

do tratamento i , no animal k , no período l , no tempo de coleta i . Para obtenção das equações referentes ao efeito do tempo de coleta e do nível de inclusão de BIN nas dietas sobre os valores de pH e $N-NH_3$, foi utilizado o PROC REG (SAS, 2003).

Os dados referentes aos parâmetros da cinética de digestão *in vitro* das dietas experimentais foram avaliados segundo o delineamento inteiramente casualizado, segundo o modelo:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \varepsilon_{ij},$$

Onde: μ média geral, T é o efeito fixo do tratamento i , ε_{ij} é o erro aleatório associado a cada observação referente ao efeito do tratamento i , na repetição j .

3.3. Rações experimentais e manejo alimentar

A adaptação inicial dos animais foi feita gradativamente ao longo de 21 dias, sendo que a cada 7 dias a quantidade de concentrado era aumentada, partindo de uma dieta com 30% de volumoso e 70% de concentrado (Tabela 4). Após o vigésimo primeiro dia os animais foram pesados e passaram a receber as dietas experimentais.

Tabela 4 – Composição (% da MS) das rações de adaptação de bovinos

ITEM (%MS)	Dieta 1	Dieta 2	Dieta 3
BIN	30	20	10
Milho inteiro	54,98	64,98	74,98
Suplemento peletizado	15	15	15
Uréia	0,02	0,02	0,02

Composição do suplemento peletizado: 4,39% de Ca; 1,347% P total; 1,422% Na; 0,861% Mg; 0,686% S; 207,3 ppm Mn; 344 ppm Zn; 18,22 ppm Fe; 104 ppm Cu; 6 ppm Co; 6 ppm I; 1,65 ppm Se; 140 mg/Kg virginamicina; 34,77% (%MS) de PB; 2,39% (%MS) de EE; 28,35% (%MS) de FDN; 58,46% (%MS) de NDT

As rações experimentais foram formuladas de acordo com o NRC (1996) para suprirem as exigências de novilhos Nelore na fase de terminação, com ganhos médios ao redor de 1,5 kg/dia (Tabela 4).

Tabela 5 - Composição de ingredientes das rações experimentais em porcentagem da matéria seca

Ingredientes	Tratamento				
	MI-0	MI-3	MI-6	MI-9	MF-6
BIN	-	3	6	9	6
Milho	85	81,9	78,8	75,7	78,8
Suplemento Peletizado	15	15	15	15	15
Uréia	-	0,1	0,2	0,3	0,2

MI-0: milho inteiro sem inclusão de BIN; **MI-3:** milho inteiro com 3% de BIN; **MI-6:** milho inteiro com 6% de BIN; **MI-9:** milho inteiro com 9% de BIN; **MF-6:** milho floculado com 6% de BIN

No momento do fornecimento das rações, os ingredientes foram pesados separadamente e homogeneizados para cada animal. Os animais receberam as rações em mistura total uma vez ao dia, às 8:00, em quantidade suficiente para permitir cerca de 5% de sobras no cocho.

A quantidade de ração fornecida diariamente, bem como as sobras em cada tratamento, foi pesada durante todo período experimental (17 dias), sendo que a quantidade oferecida durante o período de coletas (décimo primeiro ao décimo sétimo dia) foi fixada em 85% do consumo máximo atingido no período de adaptação (primeiro ao décimo dia), com a finalidade de evitar sobras no cocho e, assim, uniformizar o consumo na época de coletas.

3.4 Colheita de dados e amostragens nos períodos de avaliação

Durante os 7 dias de colheita de amostra de cada período experimental (décimo primeiro ao décimo sétimo dia), procedeu-se rotina pré-estabelecida de avaliações, colheita de dados e amostragens, conforme descritas a seguir.

3.4.1. Amostragem de ingredientes

No primeiro e no quinto dia do período experimental foram coletadas amostras dos ingredientes utilizados na ração total e analisados para teor de matéria seca a 65°C por 72 horas em estufa de ventilação forçada, com a finalidade de ajustar a proporção de cada ingrediente na dieta. Durante os 7 dias do período de

coleta (décimo primeiro ao décimo sétimo dia) foram coletadas amostras de cada ingrediente as quais foram armazenadas congeladas a -20°C. Ao término de cada período experimental, as amostras foram descongeladas e compostas por ingrediente e secadas em estufa de ventilação forçada a 55°C por 72 horas, para a realização das análises bromatológicas. O consumo de MS das dietas foi corrigido para o teor de MS definitiva, sendo esta calculada da seguinte maneira: MS definitiva = (%ASA x %ASE)/100.

O milho grão inteiro foi analisado para vitreosidade pelo método de dissecação manual dos grãos (DOMBRINK-KURTZMAN; BIETZ, 1993). Nas amostras de cada período foram selecionados aleatoriamente 10 grãos de milho, totalizando 5 grupos de 10 grãos cada. Após imersão em água destilada por 3 minutos, os grãos foram secos em papel toalha e o pericarpo e o germe, removidos com bisturi. O que sobrou após a retirada do germe e do pericarpo, foi o endosperma, que foi, então, pesado (endosperma total). Em seguida, o endosperma farináceo foi manualmente removido usando o bisturi, e o peso do endosperma vítreo restante foi expresso como porcentagem do endosperma total. Esse procedimento foi realizado nos 5 grupos de grãos e o valor de vitreosidade foi a média dos cinco.

O milho floculado utilizado foi produzido em confinamento comercial, distante mais de 1000 km da ESALQ. O milho foi floculado com o objetivo de se atingir densidade de 360g/L na saída dos rolos floculadores, esparramado em barracão coberto para secagem parcial ao ar e transportado para a ESALQ. O material foi enviado para a ESALQ em diferentes partidas de 20 toneladas ao longo do experimento que foi conduzido concomitantemente a experimento de desempenho animal de outro projeto de pesquisa. O milho floculado chegou à ESALQ com umidade acima de 14%. Cada partida de milho recebida era esparramada em barracão coberto para auxiliar no processo de perda de umidade.

3.4.2. Colheita de fezes

Para o cálculo da digestibilidade dos nutrientes foi realizada a coleta total de fezes por 48 horas. Assim que cada animal defecava o bolo fecal era recolhido e pesado. Feito isso, uma amostra de aproximadamente 200g foi recolhida e congelada a -20°C. Ao final do período experimental essas amostras foram

descongeladas, compostas por animal e por período e pré-secas em estufa de ventilação forçada a 55°C durante 72 horas, moídas em moinho tipo “Wiley” providos de peneira de 1 mm de porosidade e armazenadas.

Com o objetivo de comparar os dados de amido fecal de amostras spot com a coleta total, amostras de fezes (300 g) foram obtidas diretamente do reto dos animais duas vezes ao dia seguindo a seguinte sequência: dia 1, 07:50 e 13:50 horas; dia 2, 09:00 e 15:00 horas; dia 3, 10:50 e 16:50 horas; e dia 4, 12:00 e 18:00 horas (ZINN; BARRAJAS, 1997). As amostras foram armazenadas a -20°C e ao término do período experimental elas foram descongeladas, compostas por animal e período e secas a 55°C por 72 horas para a realização das análises de amido. Para a determinação do teor de MS foram secas em estufas a 105°C.

3.4.3. Análises bromatológicas

As amostras compostas dos ingredientes das dietas, após serem secas em estufa (SILVA, 1981), foram moídas em peneira de 1mm de porosidade em moinho tipo Willey e armazenadas em temperatura ambiente em potes de plástico com tampa rosqueável para determinações bromatológicas. As análises convencionais realizadas foram MS, cinzas e extrato etéreo (ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC, 1995).

O teor de PB foi obtido mediante combustão das amostras segundo método Dunas, usando-se um auto-analisador de Nitrogênio marca LECO®, MODELO FP-528 (WILES et al., 1998).

Os teores de fibra insolúvel em detergente neutro (FDN), fibra insolúvel em detergente ácido (FDA) e lignina foram determinados sequencialmente de acordo com método proposto por Van Soest, Robertson e Lewis (1991). Na determinação da fração FDN foram incluídos o sulfito de sódio e a amilase termoestável (Termamyl 120 L) e na determinação da lignina foi utilizada solução de H₂SO₄ 72%.

As amostras de fezes após secas em estufa a 55°C por 72 horas (SILVA, 1981) foram analisadas para matéria orgânica (MO), cinzas (MM) e extrato etéreo (EE) conforme AOAC (1995). O teor de proteína bruta (PB) foi obtido mediante combustão das amostras segundo o método Dunas, utilizando-se um auto-analisador de nitrogênio marca LECO® (WILES et al., 1998).

Para a análise dos teores de amido nas fezes, foi utilizada a técnica de espectroscopia de reflectância no infravermelho próximo através do espectrofotômetro FOSS NIRSystem 5000.

3.4.4. Determinação da digestibilidade dos nutrientes no trato digestivo total.

Com exceção do amido, os coeficientes de digestibilidade no trato digestivo total foram calculados da seguinte maneira:

$$CD_y = (\text{kg de Y ingerido} - \text{kg de Y excretado nas fezes}) / \text{kg de Y ingerido}$$

O consumo de NDT das dietas foi calculado segundo Sniffen et al. (1992):

$$\text{Consumo de NDT} = (\text{PB ingerida} - \text{PB fecal}) + 2,25 (\text{EE ingerido} - \text{EE fecal}) + (\text{CHOT ingerido} - \text{CHOT fecal});$$

Em que:

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

As concentrações de NDT das dietas foram calculadas conforme proposto por Sniffen et al. (1992):

$$\text{NDT (\%)} = \text{Consumo de NDT} / \text{Consumo de MS}$$

A digestibilidade do amido das rações foi estimada com base no teor de amido fecal, pela fórmula proposta por Zinn et al. (2007):

$$\text{DTA (digestibilidade do amido no trato total), \%} = 99,9 - 0,413 \times \text{AF} - 0,0104 \times \text{AF},$$

onde AF é o teor de amido nas fezes.

Os valores energéticos dos grãos de milho inteiro e floculados foram estimados de acordo com as equações propostas por Zinn et al. (2002):

$$\text{ELm Milho} = 2,49 - 0,0127 \times \text{AF} - 0,000292 \times \text{AF}^2$$

$$\text{ELg Milho} = 0,877 \times \text{ELm Milho} - 0,41$$

Onde,

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

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

AF = amido fecal (% da MS)

3.4.5. Parâmetros ruminais

A coleta do líquido ruminal foi realizada no dia 16 de cada período experimental a cada 2 horas, nos tempos 0, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 16, 20, 22 relativos ao fornecimento do trato, com o auxílio de um cano PVC com o seu perfil perfurado, inserido na porção ventral do rúmen com uma mangueira plástica acoplada ao bico de uma seringa, que possibilitava a sucção do líquido ruminal para o interior da seringa (Figura 4). Foi utilizado um aparato deste para cada animal e os mesmos eram lavados após cada tempo de coleta.

Figura 4 – Coleta de líquido ruminal com auxílio de cano PVC

Foram coletados 100ml de líquido ruminal para a leitura de pH em peagâmetro digital (Figura 5). Feito isso, foram separadas duas alíquotas de 50 ml cada, as quais foram acidificadas com 1 ml de ácido sulfúrico 50% (Broderick & Reynal, 2009) (Figura 6) e congeladas em freezer a -20°C em dois recipientes separados, para posteriores análises de nitrogênio amoniacal (N-NH_3) e ácidos graxos de cadeia curta (AGCC).

Figura 5 – Leitura de pH do líquido ruminal

Figura 6 – Acidificação das amostras com ácido sulfúrico 50%

As amostras de fluido ruminal foram descongeladas em temperatura ambiente e centrifugadas a 15000 g por 30 minutos para separar o sobrenadante das partículas do líquido ruminal. O sobrenadante foi analisado para AGCC por cromatografia em fase gasosa (ERWIN et al., 1961), e nitrogênio amoniacal, de acordo com Chaney e Marbach (1962).

3.4.6. Ensaio de produção de gases *in vitro*

A taxa de degradação *in vitro* das dietas experimentais foi estimada usando o método semi-automático da produção cumulativa de gases proposto por Mauricio et al. (1999).

O líquido ruminal ou inóculo, foi obtido de 1 bovino adulto, fistulado no rúmen e alimentado com dieta que continha mais de 80% em grãos. O líquido ruminal foi coletado manualmente e transportado até o laboratório, onde foi filtrado através de duas camadas de panos de algodão, sob injeção contínua de CO₂, e mantido em banho-maria a 39°C.

Cada inóculo foi incubado com 1 g de amostra seca e moída (1 mm) de cada uma das 5 dietas. Foram utilizados 90 mL de meio de cultura, conforme Theodourou et al. (1994) e 10 mL de inóculo, cada inóculo com três repetições por tratamento em cada horário.

Os frascos (160 mL) foram vedados com tampas de borracha (14 mm) e levados para estufa de ventilação forçada a 39°C.

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 100). Do valor obtido em cada leitura foi subtraída a pressão obtida de vidros sem substrato (branco = inóculo + meio de cultura).

O volume final de gás da degradação de carboidratos fibrosos (VfCF), volume final de gás da degradação de carboidratos não fibrosos (VfCNF), lag time (Lag), taxa de degradação de carboidratos fibrosos e não fibrosos (KdCF e KdCNF, respectivamente) foram estimados de acordo com o modelo logístico bicompartimental proposto por Pell e Schofield (1993).

3.4.7. Comportamento ingestivo

No primeiro dia de coleta de dados (décimo primeiro dia do período experimental) foi realizada a observação do comportamento ingestivo dos animais, por meio de observação, durante vinte e quatro horas e com intervalos de cinco minutos. As atividades tiveram início às 7:30 da manhã, momentos antes do fornecimento da ração.

Os parâmetros avaliados em intervalos fixos de 5 minutos foram: ócio, ruminação, ingestão de alimento e ingestão de água (MAEKAWA et al., 2002).

Durante o período noturno as observações foram realizadas mediante iluminação indireta com o auxílio de lanternas.

Os cálculos das atividades comportamentais foram efetuados em minutos por dia, assumindo que nos cinco minutos seguintes a cada observação o animal permaneceu na mesma atividade (MAEKAWA et al., 2002; KONONOFF, et al., 2003).

Usando-se os valores de ingestão (kg de MS e kg da fração FDN) verificados no dia da realização de cada comportamento ingestivo, para cada animal, foram calculados os respectivos tempos reativos de ingestão e ruminação em minutos por kg de MS e minutos por kg da fração FDN (MAEKAWA et al., 2002).

Utilizando os dados de comportamento ingestivo dos animais, durante vinte e quatro horas de avaliação, foi possível calcular o padrão diário da atividade de ruminação e mastigação em porcentagem por hora de bovinos alimentados com os níveis de fibra estudados.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados das análises químicas dos ingredientes e das rações experimentais encontram-se nas tabelas 6 e 7, respectivamente.

Tabela 6 – Valores médios da composição bromatológica dos ingredientes utilizados nas rações experimentais de bovinos em confinamento

Item (%MS)	Alimento			
	BIN	MI	MF	PELLET
MS	56,67	88,39	88,49	89,10
FDN	86,95	22,70	18,22	28,35
FDA	64,93	3,09	3,09	12,73
LIG	20,89	0,38	0,48	1,78
PB	3,33	8,88	8,27	36,28
EE	0,47	4,86	2,00	3,16
MM	0,42	0,24	0,34	4,67

¹MS = matéria seca; MM = matéria mineral; PB = proteína bruta; EE = extrato etéreo; FDN = fibra insolúvel em detergente neutro; FDA = fibra insolúvel em detergente ácido; LIG = lignina. BIN = bagaço de cana-de-açúcar in natura; MI = milho inteiro; MF = milho floculado; PELLET = suplemento peletizado comercial

Tabela 7 – Valores da composição bromatológica das rações experimentais

Item (%MS)	Tratamento ¹				
	MI-0	MI-3	MI-6	MI-9	MF-6
MS	88,49	87,55	86,61	85,67	86,69
FDN	23,54	25,45	27,35	29,26	22,82
FDA	4,53	6,38	8,24	10,09	8,24
LIG	0,59	0,60	1,82	2,43	1,89
PB	12,99	12,81	12,64	12,46	12,15
EE	4,60	6,16	4,33	4,19	2,07
MM	0,90	0,90	0,91	0,92	0,99

MS = matéria seca; MM = matéria mineral; PB = proteína bruta; EE = extrato etéreo; FDN = fibra insolúvel em detergente neutro; FDA = fibra insolúvel em detergente ácido; LIG = lignina. ¹MI-0 = milho inteiro sem inclusão de BIN; MI-3 = milho inteiro com 3% de BIN; MI-6 = milho inteiro com 6% de BIN; MI-9 = milho inteiro com 9% de BIN; MF-6 = milho floculado com 6% de BIN

A composição química do BIN está dentro da faixa normal relatada em experimentos anteriores conduzidos na ESALQ (CARARETO et al., 2011; MARQUES et al., 2011). Entretanto, os teores de FDN tanto do milho inteiro quanto do floculado são superiores aos valores tabulares do NRC (1996, 2001), da biblioteca tropical do CNCPS (TEDESCHI, 2006) e das Tabelas Brasileiras de

Composição de Alimentos. A vitreosidade do milho grão inteiro utilizado foi de 75,65% (em % de vitreosidade no endosperma) e 67,02% (em % de vitreosidade no grão).

O teor elevado de FDN no grão de milho implica em teor abaixo do normal de amido no grão. Vale frisar que atualmente, ao redor de 60% do milho produzido no Brasil é de segunda cultura (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB, 2013). Esse material normalmente é menos adubado, sofre mais restrições hídricas e tem tamanho menor de grão. Esses fatores podem contribuir para a redução do teor de amido do milho e aumento do teor de FDN.

Os teores elevados de FDN dos grãos de milho, tanto do inteiro quanto do floculado e do suplemento peletizado, explicam os teores elevados de FDN da dieta sem BIN (Tabela 7). Esses níveis elevados de FDN provenientes dos alimentos concentrados pode interferir na resposta dos animais aos níveis de BIN ou de FDN de BIN testados. Portanto, os resultados obtidos no presente estudo poderão não se aplicar integralmente no caso de dietas com grãos de milho de melhor qualidade e sem o uso de suplemento peletizado rico em FDN.

O consumo de nutrientes do MF-6 não diferiu estatisticamente dos tratamentos com milho inteiro ($P>0,05$) e não houve efeito ($P>0,05$) dos níveis de inclusão de BIN no consumo de nutrientes, exceto quanto ao consumo de FDN que aumentou linearmente ($P<0,05$) nas dietas a base de milho inteiro com a inclusão de BIN (Tabela 8).

Tabela 8 – Consumo de nutrientes de novilhos Nelore alimentados com dietas contendo níveis crescentes de BIN e diferentes formas de processamento de milho

Item (Kg)	Tratamentos					EPM	P-valor para Contrastes de Tratamentos ¹			
	MF-6	MI-0	MI-3	MI-6	MI-9		1	2	3	4
CMS	7,22	7,60	8,44	8,15	7,76	0,5039	0,1392	0,9231	0,1807	0,6007
CMO	7,15	7,53	8,36	8,07	7,69	0,4993	0,1392	0,9243	0,1807	0,6007
CPB	0,91	0,99	1,08	1,03	0,97	0,0638	0,1147	0,6575	0,1762	0,5895
CEE	0,31	0,35	0,38	0,35	0,33	0,0219	0,0922	0,2709	0,1749	0,5707
CFDN	1,97	1,79	2,15	2,23	2,27	0,1370	0,3351	0,0145	0,2080	0,6619
CMM	0,07	0,07	0,08	0,07	0,07	0,0046	0,1684	0,7677	0,1793	0,5936
CNDT	5,45	5,83	5,49	5,58	4,94	0,5384	0,9631	0,1955	0,7329	0,4670

MI-0 = milho inteiro sem inclusão de BIN; MI-3 = milho inteiro com 3% de BIN; MI-6 = milho inteiro com 6% de BIN; MI-9 = milho inteiro com 9% de BIN; MF-6 = milho floculado com 6% de BIN. CMS = consumo de matéria seca; CMO = consumo de matéria orgânica; CPB = consumo de proteína bruta; CEE = consumo de extrato etéreo; CFDN = consumo de FDN; CMM = consumo de matéria mineral; CNDT = Consumo de NDT. ¹ Contraste 1 – comparando MF-6 com a média dos demais tratamentos; contraste 2 – avaliando o efeito linear dos níveis de inclusão de BIN na dieta com milho inteiro; contraste 3 - avaliando o efeito quadrático dos níveis de inclusão de BIN na dieta com milho inteiro; contraste 4 – avaliando o efeito cúbico dos níveis de inclusão de BIN na dieta com milho inteiro

No experimento de desempenho animal conduzido por Marques et al. (2011), a inclusão de milho floculado reduziu o CMS em comparação ao milho inteiro e houve efeito quadrático da inclusão de BIN nas dietas com milho inteiro, com valor máximo para a inclusão de 3% de BIN dieta (%MS). No presente estudo, apesar da ausência de significância estatística, o comportamento numérico dos resultados de CMS são similares aos relatados por Marques et al. (2011).

May et al. (2010) trabalharam com dietas contendo 80% de milho floculado e 0 ou 15% de resíduo de destilaria provenientes do milho ou do sorgo, observaram que os animais alimentados com 15% de resíduo de destilaria aumentaram ($P<0,05$) o consumo de FDN e tenderam a consumir menos amido do que no tratamento controle. Ainda no trabalho de May et al. (2010), a ingestão de MS e MO não diferiu entre os tratamentos ($P=0,17$), tal qual no presente estudo ($P>0,05$).

Os coeficientes de digestibilidade não foram alterados pelo processamento do milho (floculação) em relação ao milho inteiro ($P>0,05$) e, também, não houve efeito de nível de inclusão de BIN sobre os mesmos ($P>0,05$; Tabela 9).

A ausência de efeito positivo da floculação do milho na digestibilidade dos nutrientes no presente estudo não está de acordo com a literatura revisada (OWENS, 1997; OWENS; ZINN, 2005). De acordo com Corona et al. (2005) aumento na digestão da MO, amido e nitrogênio, com pouca ou nenhuma alteração na digestão de FDN tem sido uma observação consistente nos trabalhos comparando milho floculado com milho laminado a seco.

Em virtude do milho floculado ter sido parcialmente seco no confinamento comercial, quando foi esparramado em barracão coberto antes de ser transportado para a ESALQ, existe a possibilidade de ter ocorrido retrogradação do amido no material. Entretanto, em experimento concomitante, de outro projeto de pesquisa (não publicado) que utilizou o mesmo grão, o desempenho animal foi expressivamente superior com esse milho floculado em comparação ao milho moído grosso.

Tabela 9 – Coeficientes de digestibilidade da matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE) e carboidrato total (CT)

Item (%)	Tratamentos					EPM	P-valor para Contrastes de Tratamentos ¹			
	MF6	MI0	MI3	MI6	MI9		1	2	3	4
CDMS	60,89	61,98	59,90	57,18	54,39	8,64	0,6976	0,3991	0,9548	0,9828
CDMO	66,81	65,06	63,77	61,66	59,98	8,19	0,5516	0,5472	0,9739	0,9610
CDPB	54,06	60,05	60,82	55,25	53,30	8,51	0,6161	0,3578	0,8123	0,6743
CDEE	74,96	53,84	63,61	63,06	66,65	13,86	0,0939	0,4149	0,7449	0,7109
CDCT	68,84	66,50	63,27	62,58	60,14	8,05	0,3406	0,4677	0,9440	0,8555
CDNDT	73,64	76,22	68,51	70,88	68,28	6,10	0,5208	0,1477	0,4283	0,2249

MI-0 = milho inteiro sem inclusão de BIN; MI-3 = milho inteiro com 3% de BIN; MI-6 = milho inteiro com 6% de BIN; MI-9 = milho inteiro com 9% de BIN; MF-6 = milho floculado com 6% de BIN. CDMS = coeficiente de digestibilidade da MS; CDMO = coeficiente de digestibilidade da MO; CDPB = coeficiente de digestibilidade da PB; CDEE = coeficiente de digestibilidade do EE; CDCT = coeficiente de digestibilidade dos carboidratos totais; CDNDT = coeficiente de digestibilidade do NDT. ¹ Contraste 1 – comparando MF-6 com a média dos demais tratamentos; contraste 2 – avaliando o efeito linear dos níveis de inclusão de BIN na dieta com milho inteiro; contraste 3 - avaliando o efeito quadrático dos níveis de inclusão de BIN na dieta com milho inteiro; contraste 4 – avaliando o efeito cúbico dos níveis de inclusão de BIN na dieta com milho inteiro

Não houve diferença ($P>0,05$) entre os métodos de colheita de fezes, total ou “spot”, para os teores de amido fecal. Isso indica que a colheita “spot” realizada neste trabalho pode ser usada em detrimento da coleta total de fezes por 48 horas para a determinação dos teores de amido fecal conforme proposto por Zinn e Barajas (1997).

Comparando o tratamento MF-6 com as médias dos demais tratamentos, não foram encontradas diferenças estatísticas ($P>0,05$) para amido fecal, digestibilidade total do amido e energia líquida do milho. Esse resultado se contrapõe à totalidade da literatura revisada (OWENS, 1997; OWENS; ZINN, 2005, CORONA et al., 2005) com milho dentado e com os resultados nacionais com animais Nelore e milho duro conduzidos na ESALQ (PERES et al., 2011; CARARETO et al.; 2011, MARQUES et al., 2011; GOUVÊA et al., 2012). Nesses estudos, os autores encontraram diferença significativa quando compararam o tratamento que continha milho floculado com os contendo milho seco (laminado, moído ou inteiro), havendo menor teor de amido fecal naqueles com milho floculado em relação aos outros e, portanto, maior digestibilidade do amido.

Os teores de amido fecal nas dietas com milho duro inteiro no presente estudo, são compatíveis aos relatados por Corona et al. (2005) com milho dentado e mais baixos que os relatados por Marques et al. (2011) em experimento de desempenho animal com tourinhos Nelore e as mesmas dietas do presente estudo. De acordo com Corona et al. (2005), a restrição do CMS em experimentos de metabolismo pode prejudicar a digestibilidade do amido quando grãos inteiros de milho são fornecidos aos animais. Isto ocorreria em virtude da ingestão mais rápida dos animais com fome, reduzindo a mastigação inicial dos grãos. Entretanto, ao contrário do observado no trabalho de Corona et al. (2005), onde os teores de amido fecal com grãos de milho inteiro foram maiores no experimento de metabolismo com restrição alimentar em relação ao experimento de desempenho com consumo “ad libitum”, no presente estudo de metabolismo com restrição alimentar, os teores de amido fecal com grãos de milho inteiro foram menores (19,73 x 30,00%) que os reportados no estudo de desempenho animal conduzido por Marques et al. (2011) com consumo *ad libitum*.

Tabela 10 – Porcentagem de amido fecal (AF, %), digestibilidade total do amido (DTA, %), energia líquida de manutenção (ELm Milho, Kcal/Kg) e de ganho de peso do milho (ELg Milho, Kcal/Kg) e comparação entre métodos de coleta de fezes

Item	Tratamentos					EPM	Coleta ¹		P - valor ²	EPM	P - valor ³	Contraste P-valor ⁴			
	MF6	MI0	MI3	MI6	MI9		Total	Spot				1	2	3	4
AF	19,94	20,03	21,92	18,89	18,06	3,39	19,07a	20,47a	0,5438	2,80	0,1787	0,9406	0,4403	0,6007	0,5469
DTA	86,45	86,62	86,25	87,60	88,25	2,92	87,78a	86,29a	0,4191	2,46	0,2086	0,7522	0,5046	0,8059	0,7944
ELm	2.090	2.095	2.085	2.124	2.143	85,87	2.129a	2.085a	0,4157	72,50	0,2088	0,7539	0,5049	0,8075	0,7972
ELg	1.424	1.428	1.418	1.453	1.470	75,33	1.458a	1.419a	0,4160	63,60	0,2087	0,7566	0,5057	0,8051	0,7989

¹Coleta total de fezes e coleta spot segundo metodologia proposta por Zinn & Barajas, 1997; letras minúsculas na mesma linha significam que não há diferença segundo o teste F ao nível de 5% de significância. MI-0 = milho inteiro sem inclusão de BIN; MI-3 = milho inteiro com 3% de BIN; MI-6 = milho inteiro com 6% de BIN; MI-9 = milho inteiro com 9% de BIN; MF-6 = milho floculado com 6% de BIN. EPM = erro padrão da média. Valores de P superiores a 0,05 implicam que não existe diferença entre as médias para os dados de coleta e nem significância para os contrastes analisados. ² Contraste 1 – comparando MF-6 com a média dos demais tratamentos; contraste 2 – avaliando o efeito linear dos níveis de inclusão de bagaço na dieta com milho inteiro; contraste 3 - avaliando o efeito quadrático dos níveis de inclusão de bagaço na dieta com milho inteiro; contraste 4 – avaliando o efeito cúbico dos níveis de inclusão de bagaço na dieta com milho inteiro

De acordo com os valores estimados de ELM e de ELG (2,12 e 1,44 MCal/Kg MS) dos grãos de milho inteiro (Tabela 10) os valores tabulares de energia do NRC (1996) para milho seco (2,18 e 1,50 Mcal/Kg de MS) são superestimados se aplicados para o milho duro utilizado no Brasil. O mesmo foi observado de forma consistente nos trabalhos conduzidos com milho duro na ESALQ, quando laminado, moído fino ou inteiro (PERES et al., 2011; CARARETO et al., 2011; MARQUES et al., 2011; GOUVÊA et al., 2012).

O nível de BIN nas dietas não afetou a digestibilidade da MS, MO, PB, EE e CT (Tabela 9) das dietas com grãos de milho inteiro ($P>0,05$), apesar da redução numérica nos valores com a inclusão crescente de BIN nas dietas. Efeitos negativos da inclusão de BIN nos coeficientes de digestibilidade da MS, MO, FDN e CT eram esperados em virtude do alto teor de FDN de baixa qualidade (alto teor de lignina) nesse ingrediente. Poore et al. (1990) trabalhando com uma mistura de 50:50 palha de trigo e feno de alfafa encontraram que a digestibilidade aparente da FDN no trato total não foi alterada quando o teor de concentrado passou de 30 para 90%.

Os coeficientes de digestibilidade do amido também não foram afetados pela inclusão de BIN nas dietas ($P>0,05$) (Tabela 10). Carareto (2011) estudou a inclusão de 12 e 20% de BIN na MS de dietas contendo milho duro laminado, moído fino, ensilado úmido e floculado, para tourinhos Nelore. Nesse estudo também não foi observado efeito de nível de forragem nos teores de amido fecal.

Xiong et al. (1991) avaliaram diferentes densidades de floco de sorgo floculado e níveis de inclusão de forragem e não encontraram efeito de nível de forragem no amido fecal. Ainda no trabalho de Xiong et al. (1991), foi constatado que a partir de 28 dias em confinamento o amido fecal foi diminuindo em todos os níveis de processamento e tendeu a alcançar um platô após o dia 70 de confinamento. Isso pode ter acontecido devido ao decréscimo na ingestão de matéria seca ao longo do tempo e à adaptação do sistema digestivo às dietas.

Entretanto, no trabalho de Marques et al. (2011) a inclusão de 3 ou 6% de BIN aumentou a digestibilidade do amido de grãos de milho duro inteiro, provavelmente por ter estimulado o processo de ruminação e consequente redução no tamanho de

partículas dos grãos. Kreikemeier et al. (1990) também relataram maior digestibilidade do amido com níveis crescentes de forragem na dieta.

Turgeon et al. (1983) compararam diferentes métodos de processamento de milho e níveis crescentes de feno de alfafa (5, 10 e 15%) e observaram que o teor de amido fecal diminuiu linearmente ($P = 0,03$) à medida que os níveis de forragem foram aumentando. Os autores sugeriram que isso ocorreu em virtude provavelmente, da diminuição linear na ingestão de amido à medida que os níveis de forragem foram aumentando. Rust et al. (1980) e Teeter et al. (1980) também observaram diminuição na concentração de amido fecal quando níveis de inclusão de feno de alfafa foram aumentados em dietas contendo milho grão inteiro. Provavelmente, a maior quantidade de fibra promoveu a mastigação e essa, por sua vez, promoveu maior quebra da matriz proteica dos grãos de milho e maior disponibilidade do amido, fazendo com que o mesmo fosse melhor aproveitado pelos bovinos.

Na Tabela 11 é possível observar os efeitos dos tratamentos e dos tempos de coleta sobre os parâmetros pH e N-NH₃ ruminais. Dietas ricas em energia podem causar rápido acúmulo dos produtos da fermentação, principalmente AGV e lactato e levar à redução no pH ruminal. Valores muito baixos de pH podem prejudicar a integridade do epitélio ruminal, causando paraqueratose. Por outro lado, inclusões de quantidades pequenas de FDN de volumosos podem restabelecer a integridade do epitélio, evitando a incidência desse distúrbio metabólico (HASKINS et al., 1969).

A floclulação do milho não afetou o pH ruminal e as concentrações de amônia ruminal ($P > 0,05$) em comparação com o fornecimento de grãos de milho inteiro. Cole et al. (1976) usando milho laminado à seco, milho floclulado e dois níveis de inclusão de casca de algodão (0 e 21%) em um esquema fatorial 2x2 não encontraram efeito do nível de processamento no pH ruminal, bem como nas proporções molares de acetato, propionato e butirato.

Tabela 11 – Efeitos de tratamento e tempo de coleta nos parâmetros ruminais de bovinos confinados

Item	Tratamentos					EPM	P-valor para Contrastes ¹				P ²	P-valor para Contrastes de Tempo ³			
	MF-6	MI-0	MI-3	MI-6	MI-9		1	2	3	4		L	Q	C	Qt
pH	5,88	5,72	5,86	5,92	6,16	0,11	0,5075	0,0001	0,3241	0,2514	0,0849	0,0502	0,0001	0,0168	0,0669
N-NH ₃	19,44	22,08	17,47	26,05	23,91	2,40	0,1514	0,0650	0,4571	0,0012	0,3712	0,0001	0,0001	0,0130	0,1894

MI-0 = milho inteiro sem inclusão de BIN; MI-3 = milho inteiro com 3% de BIN; MI-6 = milho inteiro com 6% de BIN; MI-9 = milho inteiro com 9% de BIN; MF-6 = milho floculado com 6% de BIN. EPM = Erro padrão da média. Valores de *P* superiores a 0,05 implicam que não existe diferença entre as médias para os dados de coleta e nem significância para os contrastes analisados

¹ Contraste 1 – comparando MF6 com a média dos demais tratamentos; contraste 2 – avaliando o efeito linear dos níveis de inclusão de bagaço na dieta com milho inteiro; contraste 3 - avaliando o efeito quadrático dos níveis de inclusão de bagaço na dieta com milho inteiro; contraste 4 – avaliando o efeito cúbico dos níveis de inclusão de bagaço na dieta com milho inteiro

² *P*- valor para o efeito de interação entre tempo de coleta e tratamento

³ Avaliação dos efeitos lineares (L), quadráticos (Q), cúbicos (C) e quárticos (Qt) do tempo de coleta sobre os valores de pH e amônia ruminais.

Equações para os efeitos selecionados:

$$\hat{Y}_{\text{pH}} = 5,7048 (\pm 0,0436) + 0,0467 \cdot \text{BIN} (\pm 0,0078)$$

$$\hat{Y}_{\text{NH}_3} = 22,6144 (\pm 1,6730) - 5,7754 \cdot \text{BIN} (\pm 2,1502) + 1,7180 \cdot \text{BIN}^2 (\pm 0,6555) - 0,1211 \cdot \text{BIN}^3 (\pm 0,0490)$$

$$\hat{Y}_{\text{pH}} = 6,0718 (\pm 0,0688) - 0,0268 \cdot \text{Tempo} (\pm 0,0297) - 0,0013 \cdot \text{Tempo}^2 (\pm 0,0033) + 0,0001140 \cdot \text{Tempo}^3 (\pm 0,0001030)$$

$$\hat{Y}_{\text{NH}_3} = 18,7313 (\pm 2,0271) - 2,6117 \cdot \text{Tempo} (\pm 0,8601) - 0,2760 \cdot \text{Tempo}^2 (\pm 0,0985) + 0,0067 \cdot \text{Tempo}^3 (\pm 0,0030)$$

Plascencia et al. (2010) utilizando milho branco laminado à seco, milho branco floculado a uma densidade de 0,36 Kg/L, milho branco floculado a uma densidade de 0,31 Kg/L e milho amarelo floculado encontraram valores médios de pH de 5,74 (4 horas após a alimentação), sendo que o mesmo não foi afetado pelos métodos de processamento. O método de processamento (laminação à seco x floculação a uma densidade de 0,31 Kg/L) não afetou o pH ruminal, o que está de acordo com trabalhos realizados anteriormente (BARAJAS; ZINN, 1998; ZINN et al., 1998).

Diferentemente dos trabalhos citados anteriormente, Corona et al. (2005) relataram maior pH ruminal em bovinos alimentados com dietas contendo grãos de milho inteiro em comparação com milho floculado, laminado ou moído fino. Bengochea et al. (2005), avaliaram níveis de processamento de cevada (moagem grossa, média e fina) e observaram que as medidas de pH ruminal tiveram uma resposta quadrática ($P = 0,01$) aos níveis de processamento, sendo que a moagem média apresentou maior pH.

Avaliando os níveis de inclusão de BIN na MS da dieta (Tabela 10), observou-se efeito linear positivo do nível de inclusão de volumoso nos valores de pH ruminal ($P < 0,05$; Gráfico 1).

Gráfico 1 – Efeito linear de nível de inclusão de BIN nos valores de pH ruminal

White et al. (1969) também encontraram maior valor de pH ruminal ($P<0,05$) nos animais que receberam dietas com maiores níveis de inclusão de volumoso. O pH foi maior ($P<0,05$) quando os novilhos foram alimentados com 20% de feno de alfafa do que quando eles receberam 5% de feno de alfafa ou 100% de concentrado. Kreikemeier et al. (1990) forneceram 0, 5, 10 ou 15% de forragem (50% de silagem de milho:50% de feno de alfafa) na MS da dieta de novilhos alimentados com grãos de trigo laminados a vapor. Houve aumento linear na ingestão de MS com níveis crescentes de forragem, entretanto, a energia líquida para ganho, o ganho de peso diário e a eficiência alimentar foram otimizados com o nível de 10% de forragem. Os autores atribuíram o efeito positivo da forragem ao aumento da capacidade de tamponamento do rúmen em virtude da maior produção de saliva.

Crawford et al. (2008) trabalharam com níveis de inclusão de alfafa na dieta e constataram que o pH ruminal aumentou ($P = 0,08$) com o aumento dos níveis de inclusão de alfafa, tal qual observado no Gráfico 1. Contudo, os teores de $N-NH_3$ apresentaram resposta cúbica aos níveis crescentes de BIN na dieta ($P<0,05$) (Tabela 11 e Gráfico 2).

Gráfico 2 – Efeito cúbico de nível de inclusão de BIN nos valores ruminais de $N-NH_3$

A menor concentração de N-NH_3 ruminal foi observada nos animais do tratamento MI-3 ao passo que no tratamento MI-0 o valor foi intermediário e mais alto nos tratamentos MI-6 e MI-9. Amônia é um produto final da degradação da proteína no rúmen e é uma fonte de nitrogênio não proteico para a síntese de proteína microbiana (BACH et al., 2005). Satter e Styler (1974) sugeriram que a concentração ruminal de amônia inferior a 2,54 mg/dl pode restringir a produção de proteína microbiana. No presente estudo, em todos os tratamentos os níveis de N-NH_3 estiveram muito altos, não havendo indicação de limitação para o crescimento microbiano.

No Gráfico 2 pode ser identificado um declínio na concentração de amônia quando a inclusão de BIN na MS passa de 0 para 3%, aumento na concentração da mesma quando a adição é de 6% e uma tendência a novo declínio quando a inclusão é de 9%. A taxa relativamente alta de absorção de amônia por ruminantes sugere que a disponibilidade de energia, ou a falta de sincronia entre fornecimento de energia e nitrogênio, limita o uso de nitrogênio disponível pelos microrganismos ruminais. Isso, por sua vez, limita o uso eficiente de nitrogênio dietético para fins produtivos (HUNTINGTON, 1997).

Tal qual no presente estudo, Bengochea et al. (2005) não relataram efeito do processamento de grãos sobre os teores de amônia ruminal ($P = 0,16$), no entanto, diferente do observado na Tabela 11, eles não verificaram interação tempo x tratamento ($P=0,26$) para as concentrações de amônia ruminal. Beauchemin et al. (2001) relataram resultados semelhantes para amônia ruminal. Já Yang et al. (2000) observaram que a concentração de amônia foi aumentada quando a cevada grosseiramente moída foi substituída por cevada moída medianamente, mas diminuiu quando a cevada moída medianamente foi substituída pela moída fina.

Atentando-se aos contrastes de tempo da Tabela 11, nota-se que houve efeito cúbico para os valores de pH e amônia ruminal ao longo do tempo (Gráficos 3 e 4).

Gráfico 3 – Alterações dos valores de pH ao longo do tempo

Após o fornecimento da dieta o pH decaiu por 14 horas, passando de pouco menos de 6,1 para níveis bem mais baixos, em torno de 5,8. Após esse período o pH foi se restabelecendo e chegou próximo de 6,2.

Vários valores de pH têm sido utilizados para definir acidose subclínica: 5,5 (HIBBARD et al., 1995; REINHARDT et al., 1997), 5,6 (COOPER et al., 1999) 5,8 (BEAUCHEMIN et al., 2001; GHORBANI et al., 2002; KOEING et al., 2002), 6,0 (BAUER et al., 1995). Segundo Owens et al. (1998), quadros de acidose sub clínica são caracterizados por pH ruminal entre 5,2 e 5,6, porém com valores de pH ruminal abaixo de 6,2 ocorre queda na digestibilidade da fibra.

Quando o pH atinge valores abaixo de 6,0, as bactérias celulolíticas e protozoários são inibidos e quando atinge valores de 5,2 a microflora diversa do rúmen

é intensivamente substituída por bactérias tolerantes à acidez como *S. bovis* e *Lactobacillus* spp. Consequentemente continua a queda do pH ruminal até que se estabelece uma monocultura de lactobacilos ácido tolerantes (Allison et al, 1975).

Uwituze et al. (2010) testaram diferentes fontes e níveis e inclusão de forragem ou co-produtos fibrosos, as quais foram resíduo seco de destilaria, feno de alfafa e silagem de milho. O pH ruminal foi menor 4h após o fornecimento da dieta. Ocorreu interação ($P<0,01$) entre nível de inclusão de resíduo seco de destilaria, fonte de forragem e tempo após a alimentação. Os valores ótimos de pH para digestão da fibra, que ficam entre 6,2 e 6,8 (HOOVER, 1986), foram alcançados após 14h do fornecimento de ração. O esperado era que a inclusão de resíduo seco de destilaria aumentasse o pH ruminal em dietas de alto concentrado devido ao maior aporte de fibra. No entanto, a efetividade da fibra do resíduo seco de destilaria para promover a mastigação e a produção de saliva é limitada pelo pequeno tamanho de partícula (BHATTI; FIRKINGS, 1995). O aumento de pH ruminal após 16 horas do fornecimento da dieta indicou um declínio na produção de AGCC devido à menor porção de matéria orgânica presente no trato.

O tempo de permanência de pH ruminal abaixo de um valor crítico é mais importante que valor médio ao longo do dia. No presente estudo o pH ruminal permaneceu abaixo de 6,0 das 2 as 22 horas após a alimentação, ou seja, a maior parte do tempo.

No Gráfico 4 pode-se observar que a maior concentração de $N-NH_3$ foi atingida 6 horas após o fornecimento do trato. Passado esse período a concentração foi diminuindo e atingiu os valores mais baixos passadas 20 horas da oferta de alimento.

Gráfico 4 – Concentração de N-NH₃ ruminal ao longo do tempo

O tempo de ingestão (min/dia), a taxa de ingestão de MS (min/Kg de MS) e a taxa de ingestão de FDN (min/Kg de FDN) apresentaram o mesmo padrão de comportamento entre os tratamentos, sendo que não foi observado efeito de processamento do grão ($P=0,3445$; $P=0,9258$; $P=0,9318$; respectivamente) e sim efeito linear de nível de inclusão de BIN sobre os parâmetros supracitados ($P=0,005$; $P=0,0012$; $P=0,0112$; respectivamente), sendo menor tempo e menores taxas para o MI-0, seguido de valores crescentes pelo MI-3, MF-6, MI-6 e MI-9. Não houve efeito quadrático ($P=1,0$; $P=0,4178$; $P=0,4725$; respectivamente) e cúbico ($P=6425$; $P=6894$; $P=0,6388$; respectivamente) para níveis de inclusão de BIN.

Analisando milho branco laminado a seco e milho branco floculado, Plascencia et al. (2010) encontraram resultados diferentes dos mencionados acima, pois eles constataram que o tempo de ingestão por refeição foi maior ($P=0,02$) para o milho branco laminado à seco do que para o milho branco floculado.

O processamento do milho não influenciou o tempo de ruminação (min/dia) ($P=0,3603$) e nem as taxas de ruminação da MS (min/Kg de MS ingerida) e da FDN (min/Kg de FDN ingerida) ($P=0,0639$ e $P=0,0974$; respectivamente). O mesmo

ocorreu quando foram analisados os contrastes lineares, quadráticos e cúbicos de níveis de inclusão de BIN, nos quais todos os P -valor foram maiores do que 5% de probabilidade.

A mastigação foi considerada como a somatória dos tempos gastos para ingestão e ruminação. O milho floculado quando comparado ao milho inteiro não alterou o tempo gasto em tal atividade ($P=0,9649$) e nem as taxas de mastigação da MS (min/Kg de MS) ($P=0,2225$) e da FDN (min/Kg de FDN) ($P=0,3420$) entre os tratamentos. Já nos contrastes dos níveis de inclusão de BIN foi verificado efeito linear no tempo ($P=0,0014$) e na taxa de mastigação de MS ($P=0,0018$), e uma tendência ($P=0,0527$) do mesmo efeito na taxa de mastigação, sendo os menores tempos e taxas para os menores níveis de inclusão. Não foram detectados efeitos quadrático e cúbico para níveis de inclusão nos parâmetros de mastigação ($P>0,05$).

Goulart (2011) verificou que rações contendo diferentes fontes de fibra (cana-de-açúcar, BIN, casca de soja ou torta de algodão desengordurada) ou diferente teor de fibra (10 ou 20% da MS) apresentaram resultados semelhantes ($P>0,05$) quanto a ingestão em minutos por dia e minutos por Kg de MS. Porém, quando expresso por unidade de FDN consumida, maior tempo de ingestão (141 min/Kg de FDN) foi observado em rações contendo apenas 10% de silagem de milho (% na MS) ($P>0,05$) quando comparado com os tratamentos que continham cana-de-açúcar, casca de soja e torta de algodão desengordurada (79,7; 81,2 e 76,6 min/Kg de FDN, respectivamente). Sendo esse fato justificado, segundo o autor, pela ingestão semelhante da fração FDN diária. Fato esse que não foi observado na Tabela 12, pois houve aumento da ingestão de FDN diária ($P<0,05$) conforme o nível de BIN aumentou.

Tabela 12 – Influência do processamento de milho e dos níveis de inclusão de BIN no comportamento ingestivo de bovinos

Item	Tratamentos					EPM	P-valor ¹	P-valor para Contrastes de Tratamentos ²			
	MF-6	MI-0	MI-3	MI-6	MI-9			1	2	3	4
Ingestão											
Min/ dia	134,00	106,00	130,00	169,00	193,00	20,94	0,0550	0,3445	0,0005	1,0000	0,6425
Min/ kg de MS	19,18	13,95	15,40	20,67	25,77	2,92	0,0543	0,9258	0,0012	0,4178	0,6894
Min/ kg de FDN	70,10	59,25	60,51	75,55	88,05	10,42	>0,1500	0,9318	0,0112	0,4725	0,6388
Ruminação											
Min/ dia	143,00	107,00	139,00	138,00	130,00	16,62	>0,1500	0,3603	0,2866	0,1682	0,6774
Min/ kg de MS	20,03	13,92	16,42	16,88	17,31	2,16	>0,1500	0,0639	0,1898	0,5567	0,7965
Min/ kg de FDN	73,22	59,11	64,50	61,69	59,16	7,68	>0,1500	0,0974	0,9228	0,5230	0,7577
Mastigação											
Min/ dia	277,00	213,00	269,00	307,00	323,00	24,33	>0,1500	0,9649	0,0014	0,3353	0,9649
Min/ kg de MS	39,21	27,87	31,82	37,54	43,08	3,36	>0,1500	0,2225	0,0018	0,7880	0,8811
Min/ kg de FDN	143,32	118,36	125,02	137,23	147,20	12,02	>0,1500	0,3420	0,0527	0,8746	0,8681

¹Probabilidade do Teste de Kolmogorov-Smirnov para Normalidade dos dados avaliados. MI-0 = milho inteiro sem inclusão de BIN; MI-3 = milho inteiro com 3% de BIN; MI-6 = milho inteiro com 6% de BIN; MI-9 = milho inteiro com 9% de BIN; MF-6 = milho floculado com 6% de BIN. EPM = erro padrão da média.

²Contraste 1 – comparando MF-6 com a média dos demais tratamentos; contraste 2 – avaliando o efeito linear dos níveis de inclusão de bagaço na dieta com milho inteiro; contraste 3 - avaliando o efeito quadrático dos níveis de inclusão de bagaço na dieta com milho inteiro; contraste 4 – avaliando o efeito cúbico dos níveis de inclusão de bagaço na dieta com milho inteiro

Na Tabela 13 é possível observar o padrão diário da atividade de ruminação e ingestão de alimento em porcentagem do tempo de bovinos alimentados com as dietas MI-0, MI-3, MI-6, MI-9 e MF-6.

Tabela 13 – Padrão diário da atividade de ruminação e ingestão em porcentagem do tempo de bovinos confinados

Item	Frequência (% do Tempo)					P - valor ¹
	MF-6	MI-0	MI-3	MI-6	MI-9	
Ócio	79,58	83,89	80,42	77,98	76,46	0,0847
Ruminando	9,93	7,43	9,65	9,58	9,03	0,4881
Comendo	9,31	7,36	9,03	11,88	13,40	0,0702
Bebendo	1,18	1,32	0,90	0,56	1,11	0,3063

¹P- probabilidade associada ao teste de Kruskal-Wallis. MI-0 = milho inteiro sem inclusão de BIN; MI-3 = milho inteiro com 3% de BIN; MI-6 = milho inteiro com 6% de BIN; MI-9 = milho inteiro com 9% de BIN; MF-6 = milho floculado com 6% de BIN

Para os parâmetros comportamentais avaliados não houve diferença significativa ($P>0,05$) entre os tratamentos. No entanto, pode-se observar uma tendência ($P=0,0702$) para maior tempo de alimentação à medida que o teor de BIN na MS da dieta foi aumentando.

White et al. (1969) relataram que o tempo de ruminação foi maior ($P>0,05$) para os animais alimentados com 5% e 20% de palha de arroz ou 20% de casca de arroz do que para novilhos alimentados com dietas contendo 100% de concentrado, 5% de farinha de ostra ou feno de alfafa. Novilhos alimentados com 20% de feno de alfafa ruminaram mais ($P<0,05$) do que alimentados com 100% de concentrado ou 5% de feno de alfafa. Nesse trabalho houve efeito de fonte e de nível de volumoso.

O consumo de alimento é função do tamanho e frequência da refeição. Padrões de refeição são, provavelmente, 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 do consumo de MS pela diminuição do tamanho da refeição (OBA; ALLEN, 2003), aumentando, entretanto, o número de refeições durante 24 horas (KRAUSE et al., 2003).

Beauchemin et al. (2002) relatam que a ingestão diária de determinada ração é o resultado do número de refeições diárias, da taxa de consumo de cada refeição, e da

duração de cada refeição. Assim, qualquer mudança que envolva modificações no padrão de refeição do animal, como por exemplo, composição da ração, pode resultar em mudanças no consumo de MS.

Mesmo reconhecendo que padrões de refeições possam ser modificados por alterações no manejo do rebanho, no tipo de ração, nas características do animal, no ambiente, entre outros, há poucas informações na literatura sobre como esses fatores afetam os padrões de refeições (DADO; ALLEN, 1993).

Na Tabela 14 são apresentados os valores médios para volume final de produção de gases dos carboidratos fibrosos e não-fibrosos, suas respectivas taxas de degradação e o *lag time* das dietas. É importante frisar que nesse tipo de estudo as amostras são moídas, ou seja tanto o milho floculado quanto o milho inteiro são moídos finamente e a comparação real é entre milho floculado moído e milho seco moído.

O milho floculado moído não diferiu do milho seco moído em VfCF e VfCNF. Gouvêa (2012) também não observou diferença nesses parâmetros quando comparou milho moído seco com milho floculado moído. Já para KdCF, Lag e KdCNF houve diferença para nível de processamento ($P<0,05$). A floculação aumentou o lag time, reduziu a KdCF, mas aumentou a KdCNF em relação à moagem do milho seco.

A maior KdCNF do milho floculado deve resultar em maior digestão do amido no trato digestivo dos bovinos, fato não observado no experimento de metabolismo.

Hales et al. (2010) trabalhando com milho floculado em três densidades (283 g/L; 335 g/L; 386 g/L) e dois níveis de inclusão de feno de alfafa (6 e 10%), em um esquema fatorial 3x2, analisaram a digestibilidade *in vitro* dessas dietas e encontraram maior digestibilidade ($P<0,01$) para as dietas que continham milho menos processado (335 g/L e 386 g/L). Esse resultado foi causado, provavelmente, pela fermentação mais rápida do milho floculado mais processado (283 g/L) entre 6 e 12 horas de incubação, juntamente com um menor pH, resultando em menor digestibilidade após 24 horas de incubação comparado aos menos processados.

Tabela 14 - Valores médios para volume final de produção de gases dos carboidratos fibrosos e não-fibrosos (ml), suas respectivas taxas de degradação (%/hora) e o *lag time* das dietas (hora)

Item	Tratamentos					EPM	Contraste <i>P</i> -valor			
	MF6	MI0	MI3	MI6	MI9		1	2	3	4
VfCF	112,93	126,20	110,27	109,60	105,43	3,84	0,9894	0,0043	0,1562	0,2997
KdCF	0,0182	0,0201	0,0208	0,0205	0,0216	0,00084	0,0227	0,2786	0,8617	0,5313
Lag	8,15	5,93	6,12	6,15	5,70	0,21	<0,0001	0,5020	0,1619	0,7426
VfCNF	162,40	163,97	149,30	160,50	147,73	7,42	0,4169	0,2848	0,9007	0,1640
KdCNF	0,0989	0,0791	0,0777	0,0813	0,0859	0,0043	0,0037	0,2343	0,4936	0,8334

MI-0 = milho inteiro sem inclusão de BIN; MI-3 = milho inteiro com 3% de BIN; MI-6 = milho inteiro com 6% de BIN; MI-9 = milho inteiro com 9% de BIN; MF-6 = milho floculado com 6% de BIN. VfCF = volume final de produção de gases dos carboidratos fibrosos, VfCNF = volume final de produção de gases dos carboidratos não-fibrosos, Lag = lag time, KdCF = taxa de degradação dos carboidratos fibrosos, KdCNF = taxa de degradação dos carboidratos não fibrosos. Estimativa dos parâmetros: $V(t) = Vf1/(1+\exp(2-4*c1*(T-L))) + Vf2/(1+\exp(2-4*c2*(T-L)))$, onde: Vf1=volume de gás dos CF (mL), c1=taxa de degradação dos CF (%/hora), Vf2=volume final dos CNF (mL), c2=taxa de degradação dos CNF (%/hora), L=lag time (h), T=tempo (horas de incubação). Contraste 1 – comparando MF6 com a média dos demais tratamentos; contraste 2 – avaliando o efeito linear dos níveis de inclusão de bagaço na dieta com milho inteiro; contraste 3 avaliando o efeito quadrático dos níveis de inclusão de bagaço na dieta com milho inteiro; contraste 4 – avaliando o efeito cúbico dos níveis de inclusão de bagaço na dieta com milho inteiro

Mertens e Loften (1980) concluíram que as reduções na digestibilidade da fibra quando adicionados níveis de amido *in vitro* foram resultados dos aumentos do *Lag time*.

A inclusão de BIN nas dietas com milho moído seco causou redução linear no VfCF ($P<0,05$), evidenciando a baixa qualidade da fibra desse volumoso. Os outros parâmetros não foram afetados ($P>0,05$).

Segundo Pereira et al. (2008), o que pode determinar diferenças nos tempos de colonização é o tipo de substrato em cada dieta. A maior KdCF da dieta com milho floculado pode resultar em menor pH ruminal e aumentar o lag time. Entretanto não foi observada diferença no pH ruminal no ensaio com animais quando o milho floculado foi fornecido. Os resultados apresentados foram do pH médio ao longo do dia. Menor pH ruminal logo após o fornecimento da dieta pode ter ocorrido na dieta com milho floculado. A forma física e a disponibilidade do substrato para ação microbiana também podem aumentar ou diminuir o tempo de colonização e degradação dos alimentos.

5 CONCLUSÕES

O método de processamento não alterou o consumo de MS e nutrientes ($p>0,05$) e não houve efeito de nível de inclusão de BIN ($p>0,05$), exceto para o consumo de FDN que aumentou linearmente ($p=0,0145$) com a inclusão de BIN.

Os coeficientes de digestibilidade não diferiram entre os métodos de processamento e nem entre os níveis de BIN ($p>0,05$), apesar do efeito positivo da inclusão de BIN no pH ruminal ($p=0,0001$).

O milho duro utilizado no presente estudo quando fornecido inteiro para bovinos Nelore em dietas com altos teores de concentrado apresenta ao redor de 96% da concentração de ELM e de ELG (2,12 e 1,44 Mcal/Kg de MS) em relação ao valor tabular do NRC (1996) para milho dentado (2,18 e 1,50 Mcal/Kg de MS).

Os maiores teores de BIN na dieta ocasionaram maiores tempos gastos na atividade de ingestão ($p<0,05$) e mastigação ($p<0,05$) e, também, houve uma tendência ($p=0,0702$) para maior tempo de alimentação à medida que o teor de BIN foi aumentando.

O método de floculação não alterou os VfCF e VfCNF, no entanto, diminuiu a KdCF e aumentou a KdCNF e o lag time.

REFERÊNCIAS

AGRICULTURE AND FOOD RESEARCH COUNCIL. **Technical committee on responses to nutrients: energy and protein requirements of ruminants**. Wallingford: Commonwealth Agricultural Bureau International, 1993. 159 p.

AHVENJARVI, S.; VANHATALO, A.; HUHTANEN, P.; VARVIKKO, T. Determination of reticulo-rumen and whole-stomach digestion in lactating cows by omasal canal or duodenal sampling. **British Journal of Nutrition**, Cambridge, v. 83, p. 67-77, 2000.

AHVENJARVI, S.; VANHATALO, A.; SHINGFIELD, K.J.; HUHTANEN, P. Determination of digesta flow entering the omasal canal of dairy cows using different marker systems. **British Journal of Nutrition**, Cambridge, v. 90, n. 1, p. 41-52, 2003.

AMARAL, C.M.C. **Extrusão e peletização da ração completa: efeitos no desempenho, na digestibilidade e no desenvolvimento de câmaras gástricas de cabritos Saanen**. 2002. 73 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal.

ASSOCIATION OF AMERICAN FEED CONTROL OFFICIALS. **Official publication**. Atlanta, 1996. 162 p.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis**. 12th ed. Washington, 1990. 1313 p.

ASTIGARRAGA, L. Técnicas para la medición del consume de rumiantes en pastoreo. In: SIMPÓSIO SOBRE AVALIAÇÃO DE PASTAGENS COM ANIMAIS, 1997, Maringá. **Anais...** Maringá: UEM, 1997. p. 1-23.

BANKS, W.; GREWOOD, C.T. **Starch and its components**. London: Halsted, 1975. 341 p.

BARMORE, J.A. New calf management practices enhance production efficiency. **Feedstuffs**, Minnetonka, v. 55, n. 17, p. 12-14, 1994.

BARTLE, S.J.; PRESTON, R.L. Dietary roughage regimen for feedlot steers: reduced roughage level (2%) during the mid-finishing period. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 69, p. 3461-3466, 1991.

_____. Roughage level and limited maximum intake regimens for feedlot steers. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 70, p. 3293-3303, 1992.

BATAGLIA, A.M. A extrusão no preparo de alimentos para animais. In: SIMPÓSIO DO COLÉGIO BRASILEIRO DE NUTRIÇÃO ANIMAL, 3., 1990, Campinas. **Anais...** Campinas: UNICAMP, 1990. p. 73-82.

BELLAVER, C.; NONES, K. A importância da granulometria, da mistura e da peletização da ração avícola. In: SIMPÓSIO GOIANO DE AVICULTURA, 4., 2000, Goiânia. **Anais...** Goiânia: UFG, 2000. p.1-18.

BENGOCHEA, W.L.; LARDY, G.P.; BAUER, M.L.; SOTO-NAVARRO, S.A. Effect of grain processing degree on intake, digestion, ruminal fermentation, and performance characteristics of steers fed medium-concentrate growing diets. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 83, p. 2815-2825, 2005.

BERCHIELLI, T.T.; PIRES, V.A.; OLIVEIRA, S.G. **Nutrição de ruminantes**. Jaboticabal: FUNEP, 2006. 583 p.

BERCHIELLI, T.T.; OLIVEIRA, S.G. de; CARRILHO, E.N.V.M.; FEITOSA, W.; LOPES, A.D. Comparação de marcadores para estimativas de produção fecal e de fluxo de digesta em bovinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 34, n. 3, p. 986-995, 2005.

BHATTACHARIA, A.N.; HUSSAIN, F. Intake and utilization of nutrients in sheep fed different levels of roughage under heat stress. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 38, p. 877-886, 1974.

BIAGI, J.D. Implicações da granulometria de ingredientes na qualidade de pellets e na economia da produção de rações: revisão. In: SIMPÓSIO SOBRE GRANULOMETRIA DE INGREDIENTES E RAÇÕES PARA SUÍNOS E AVES, 1., 1998, Concórdia. **Anais...** Concórdia: EMBRAPA, CNPSA, 1998. p. 57.

BOX, G.E.P.; COX, D.R. An analysis of transformations. **Journal of the Royal Statistical Society**, Series B, Cambridge, v. 26, p. 211-252, 1964.

BRITTON, R.A.; STOCK, R.A. Acidosis, rate of starch digestion and intake. In: SIMPOSIUM FEED INTAKE BY BEEF CATTLE, 1987, Stillwater. **Proceedings...** Stillwater: Oklahoma State University, 1987. p. 125-137.

BRODERICK, G.A.; REYNAL, S.M. Effect of source of rumen-degraded protein on production and ruminal metabolism in lactating dairy cows. **Journal Dairy Science**, Champaign, v. 92, p. 2822-2834, 2009.

CABRAL, L.S.; VALADARES FILHO, S.C.; DETMANN, E.; ZERVOUDAKIS, J.T.; SOUZA, A.L. de; VELOSO, R.G. Avaliação de indicadores na estimação da excreção fecal e da digestibilidade em ruminantes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 9, n. 1, p. 29-34, 2008.

CASTELLS, M.; MARIN, S.; SANCHES, V.; RAMOS, A.J. Fate of mycotoxins in cereal during extrusion cooking: a review. **Food Additives and Contaminants**, London, v. 22, n. 2, p. 150-157, 2005.

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

CHEFTEL, J.C. Nutritional effects of extrusion cooking. **Food Chemistry**, London, v. 20, n. 4, p. 263-283, 1986.

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. Aberdeen: Rowlett Research Institute; International Feed Research Unit, 1992. 21 p.

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. 132 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2004.

CHIZZOTTI, M.L.; VALADARES FILHO, S.C.; VALADARES, R.F.D.; CHIZZOTTI, F.H.M.; CAMPOS, J.M.S.; MARCONDES, M.I.; FONSECA, M.A. Intake, digestibility and urinary excretion of urea and purine derivatives in heifers with different body weights. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 35, n. 4, p. 1813-1821, 2006.

COLE, N.A.; JOHNSON, R.R.; OWENS, F.N. Influence of roughage level and corn processing method on the site and extend of digestion by beef steers. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 43, p. 490-503, 1976.

COLE, N.A.; JOHNSON, R.R.; OWENS, F.N.; MALES, J.R. Influence of roughage level and corn processing method on microbial protein synthesis by beef steers. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 43, p. 497-503, 1976.

CRAWFORD, G.I.; KEELER, C.D.; WAGNER, J.J.; KREHBIEL, C.R.; ERICKSON, G.E.; CROMBIE, M.B. NUNNERY, G.A. Effects of calcium magnesium carbonate and roughage level on feedlot performance, ruminal metabolism, and site and extend of digestion in steers fed high-grain diets. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.86, p. 2998-3013, 2008.

CROCKER, L.M.; DEPETERS, E.J.; FADEL, J.G.; PEREZ-MONTI, H.; TAYLOR, S.J.; WYCKOFF, J.A.; ZINN, R.A. Influence of processed corn grain in diets of dairy cows on digestion of nutrients and milk composition. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 81, n. 9, p. 2394-2407, 1998.

DETMANN, E.; PAULINO, M.F.; ZERVOUDAKISI, J.T.; VALADARES FILHO, S.C.; EUCLYDES, R.F.; LANA, R.P.; QUEIROZ, D.S. Cromo e indicadores internos na determinação do consumo de novilhos mestiços, suplementados, a pasto. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 30, n. 5, p. 1600-1609, 2001.

EHLE, F.R.; BAS, F.; BARNO, B.; MARTIN, R.; LEONE, F. Particulate rumen turnover rate measurement as influenced by density of passage marker. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 67, p. 2910, 1984.

ERWIN, W.S.; MARCO, D.G.; EMERY, E.M. Volatile fatty acid analysis of blood and rumen fluid by gas chromatography. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 44, p. 1766-1771, 1961.

EVERS, A.D.; MECDERMOTT, E.E. Scanning electron microscopy of wheat starch: II., structure of granules modified by alpha amylosis. **Starke**, Weinheim, v. 22, n. 9, p. 23-27, 1970.

FAICHNEY, G.J. Jr. The use of markers to partition digestion within the gastrointestinal tract. In: MacDONALD, I.W.; WARNER, A.A.I. (Ed.). **Digestion and metabolism in ruminant**. Armidale: University of New England Publishing Unit, 1975. p. 277-291.

FAHEY, G.C. Jr.; JUNG, H.G. Lignin as a marker in digestion studies: a review. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 57, n. 1, p. 220-225, 1983.

FERREIRA, M.A.; VALADARES FILHO, S.C.; MARCONDES, M.I.; PAIXÃO, M.L.; PAULINO, M.F.; VALADARES, R.F.D. Avaliação de indicadores em estudos com ruminantes: digestibilidade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 38, n. 8, p. 1568-1573, 2009.

GILL, M.; ROBINSON, P.H.; KENNELLY, J.J. Diurnal patterns in rumen volume and composition of digesta flowing into the duodenum. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 69, n. 1, p. 237-249, 1999.

GOROCICA-BUENFIL, M.A.; LOERCH, S.C. Effect of cattle age, forage level, and corn processing on diet digestibility and feedlot performance. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 83, p. 705-714, 2005.

GREWOOD, C.T. Observation on the structure of the starch granule. In: BLANCHARD, J.M.V.; MITCHELL, J.R. (Ed.). **Polysaccharides in food**. London: Butterworths, 1979. p. 68-73.

HALES, K.E.; McMENIMAN, J.P.; LEIBOVICH, J.T.; VASCONCELOS, M.J.; QUINN, M.L.; DiLORENZO, N.; SMITH, S.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**, Savoy, v. 88, p. 1135-1147, 2010.

HARMON, D.L.; RICHARDS, C.J. Considerations for gastro-intestinal cannulations in ruminants. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 75, p. 2248-2255, 1997.

HASKINS, B.R.; WISE, M.B.; CRAIG, H.B.; BLUMER, T.N.; BARRICK, E. Effects of adding low levels of roughage or roughages substitutes to high energy rations for fattening steers. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 29, p. 345-353, 1969.

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

JOHN, T.; HALE, W.H.; THEURER, B. Effect of grain processing on *in vitro* gás production. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 30, p. 825-831, 1970.

JOY, M.T.; DEPETERS, E.J.; FADEL, J.G.; ZINN, R.A. Effects of corn processing on the site and extent of digestion in lactating cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 80, n. 9, p. 2087-2097, 1986.

LEACH, H.W. **Gelatinization of starch**: chemistry and technology. New York: Academic Press, 1965. v. 1, 93 p.

LIMA, J.B.M.P.; GRAÇA, D.S.; BORGES, A.L.C.C.; SALIBA, E.O.S.; SIMÃO, S.M.B. Uso do óxido crômico e do LIPE® na estimativa do consumo de matéria seca por bezerros de corte. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 60, n. 5, p.1197-1204, 2008.

LIPPKE, H.; ELLIS, W.C.; JACOBS, B.F. Recovery of indigestible fiber from feces of sheep and cattle on forage diets. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 69, p. 403-412, 1986.

LOERCH, S.C.; FLUHARTY, F.L. Effects of corn processing, dietary roughage level, and timing of roughage inclusion on performance of feedlot steers. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 76, p. 681-685, 1998.

LUEBBE, M.K.; PATTERSON, J.M.; JENKINS, K.H.; BUTTREY, E.K.; DAVIS, T.C.; CLARK, B.E.; McCOLLUM III, 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 of Animal Science**, Savoy, v. 90, p. 1589-1602, 2012.

MAEKWA, M.; BEAUCHEMIN, K.A.; CHRISTENSEN, D.A. Chewing activity, saliva production and ruminal pH of primiparous and multiparous lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 85, p. 1176-1182, 2002.

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.

MARTIN, C.; WILLIAMS, A.G.; MICHALET, D.B. Isolation and characteristics of the protozoal and bacterial fractions from bovine ruminal contents. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 72, p. 2962-2968, 1994.

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**, Amsterdam, v. 79, p. 321-330, 1999.

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 soluble on feedlot cattle performance, carcass characteristics, and *in vitro* fermentation. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 89, p. 549-559, 2011.

MAY, M.L.; DeCLERK, J.C.; LEIBOVICK, J.; QUINN, M.J.; DiLORENZO, N.; SMITH, D.R.; HALES, K.E.; GALYEAN, M.L. Corn or sorghum wet distillers grains with solubles in combination with steam-flaked corn: *In vitro* fermentation and hydrogen sulfide production. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 88, p. 2425-2432, 2010.

MAY, M.L.; DeCLERCK, J.C.; QUINN, M.J.; DiLORENZO, N.; LEIBOVICH, J.; SMITH, D.R.; HALES, K.E.; GALYEAN, M.L. Corn or sorghum wet distillers grains with solubles in combination with steam-flaked corn: feedlot cattle performance, carcass characteristics, and apparent total tract digestibility. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 88, p. 2433-2443, 2010.

MAY, M.L.; QUINN, M.J.; DEPENBUSCH, B.E.; REINHART, C.D.; GIBSON, M.L.; KARGES, K.K.; COLE, N.A.; DROUILLARD, J.S. Dried distillers grains with solubles with reduced corn silage levels in beef finishing diets. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 88, p. 2456-2463, 2010.

MELLO JUNIOR, C.A. Processamento de grãos de milho e sorgo visando aumento do valor nutritivo. In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE BOVINOS, 4., 1991, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1991. p. 263-283.

MERCHEN, N.R. Digestion, absorption and excretion in ruminants. In: CHURCH, D.C. (Ed.). **The ruminant animal digestive physiology and nutrition**. 4th ed. Carvallis: O & B Books, 1993. p.172-201.

MERTENS, D.R.; LOFTEN, J.R. The effect of starch on forage fiber digestion kinetics *in vitro*. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 63, n. 9, p. 1437-1446, 1980.

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 of Animal Science**, Savoy, v. 87, p. 3427-3429, 2009.

MORAIS, J.A.; BERCHIELLI, T.T.; OLIVEIRA, S.G. de; QUEIROZ, M.F.S.; TORO-VELÁSQUEZ, P.A.; RIVERA-RIVERA, A. Diferentes procedimentos na determinação de indicadores internos para estimativa de produção fecal. **Actas Scientiarum. Animal Sciences**, Maringá, v. 32, n. 2, p. 213-218, 2010.

MURPHY, T.A.; FWHARTY, F.L.; LOERCH, S.C. The influence of intake level and corn processing on digestibility and ruminal metabolism in steers fed all – concentrate diets. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 72, n. 6, p. 1608-1615, 1994.

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

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requeriments of beef cattle**. 7th ed. Washington: National Academic Press, 1996. 242 p.

NUSSIO, C.M.B. **Processamento do milho e suplementação com monensina para bezerros leiteiros pré e pós desmama precoce**. 104 p. 2002. Tese (Doutorado em Ciência Animal e Pastagens) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

NUSSIO, C.M.B.; SANTOS, F.A.; ZOPOLLATTO, M.; PIRES, A.V.; MORAIS, J.B. Processamento (floculado vs laminado a vapor) e adição de monensina para bezerras leiteiras, pré e pós desmame. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 32, n. 1, p. 229-239, jan./mar. 2003.

OBA, M.; ALLEN, M.S. Evaluation of the importance of neutral detergent fiber from forage: effects on dry matter intake and milk yield of dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v. 82, p. 589-596, 1999.

O’CONNOR, C. Product development services available from extruder manufactures. **Extrusion technology for the food industry**. New York: Elsevier Applied Science, 1987. p. 71-75.

OLDICK, B.S.; FIRKINGS, J.L.; ST-PIERRA, N.R. Estimation of microbial nitrogen flow to the duodenum of cattle based on dry matter intake and diet composition. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 82, p. 1497-1511, 1999.

OLIVEIRA JR., R.C.; PIRES, A.V.; FERNANDES, J.J.R.; SUSIN, I.; SANTOS, F.A.P.; NASCIMENTO FILHO, V.F.; ARAÚJO, R.C. Avaliação de marcadores para estimar a digestibilidade dos nutrientes em novilhos nelore alimentados com dietas contendo alto teor de concentrado e fontes nitrogenadas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 33, n. 3, p. 749-758, 2004.

ORSKOV, E.R. **Protein nutrition in ruminants**. New York: Academic Press, 1982. 162 p.

OWENS, F.N. Optimization of feedlot diets with high density of energy and nutrients. In: SIMPÓSIO DE PRODUÇÃO DE GADO DE CORTE, 6.; SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE PRODUÇÃO DE GADO DE CORTE, 2., 2008, Viçosa. **Anais...** Viçosa: UFV, 2008. p. 95-120.

OWENS, F.N.; HANSON, C.F. External and internal markets for appraising site and extent of digestion in ruminants. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 75, n. 9, p. 2605-2617, 1992.

OWENS, F.N.; SODERLUND, S. Ruminant and postruminal starch digestion by cattle. In: PIONEER HI-BRED, A DUPONT BUSINESS CONFERENCE, 2007, Johnston. **Proceedings...** Johnston, 2007. p. 116-128.

OWENS, F.N.; ZINN, R.A. Corn grain for cattle: influence of processing on site and extent of digestion. In: SOUTHWEST NUTRITION CONFERENCE, 2005, Nebraska. **Proceedings...** Nebraska, 2005. p. 86-112.

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.

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**, Savoy, v. 85, p. 3079-3089, 2007.

PEDDIE, J.; DEWAR, W.A.; GILBERT, A.B. The use of titanium dioxide for determining apparent digestibility in mature domestic fowls (*Gallus domesticus*). **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 99, p. 233-263, 1982.

PELL, A.N.; SCHOFIELD, P. Computerized monitoring of gas production to measure forage digestion in vitro. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 76, n. 4, p. 1063-1073, 1993.

PIAGGIO, L.M.; PRATES, E.R.; PIRES, F.F.; PATINO, H.O. Avaliação das cinzas insolúveis em ácido, fibra, em detergente ácido indigestível e lignina em detergente ácido indigestível com indicadores internos da digestibilidade. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 20, n. 3, p. 306-312, 1991.

PIMPA, O.; LIANG, J.B.; JELAN, Z.A.; ABDULLAH, N. Urinary excretion of duodenal purine derivatives in Kedahl-Kelantan cattle. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 92, p. 203-214, 2001.

PLASCENCIA, A.; BERMÚDEZ, R.M.; CERVANTES, M.; CORONA, L.; DÁVILA-RAMOS, H.; LÓPEZ-SOTO, M.A.; MAY, D.; TORRENTERA, N.G.; ZINN, R.A. Influence of processing method on comparative digestion of White corn versus conventional steam-flaked yellow dent corn in finishing diets for feedlot cattle. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 89, p. 136-141, 2011.

POORE, M.H.; MOORE, J.A.; ECK, T.P.; SWINGLES, R.S.; THEURER, C.B. Effect of fiber source and ruminal starch degradability on site and extent of digestion in dairy cows. **Journal of the Dairy Science**, Champaign, v. 76, n. 8, p. 2244-2253. 1993.

POZZA, P.C.; POZZA, M.S.S.; RICHART, S.; OLIVEIRA, F.G.; GASPAROTTO, E.S.; SCHLICKMANN, F. Avaliação de moagem e granulometria do milho e consumo de energia no processamento em moinhos de martelos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 1, p. 235-238. 2005.

PRITCHARD, R.H.; MALES, J.R.; Effect of crude protein and ruminal ammonia-N on digestibility and ruminal outflow in beef cattle fed wheat straw. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 60, p. 822-831, 1985.

PRITCHARD, R.H.; STATELER, D. A. Grain processing: effects on mixing, prehension, and other characteristics of feeds. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 75, p. 880-884, 1997.

QUINN, M.J.; MAY, M.L.; DiLORENZO, N.; PONCE, C.H.; SMITH, D.R.; PARR, S.L.; GALYEAN, M.L. Effects of roughage source and distillers grain concentration on beef cattle finishing performance, carcass characteristics, and in vitro fermentation. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 89, p. 2631-2642, 2011.

ROCHA, M.A.; CASTRO, V.S.; MENDES, A.R. Uso da cutina na estimativa das digestões total e parcial de alguns componentes de rações contendo diferentes fontes de nitrogênio, em bovinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 35, n. 2, p. 600-606, 2006.

ROCHA, R. **Avaliação do pasto de capim elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum) na produção de leite de vacas mestiças Holândes-Zebu, suplementadas com diferentes fontes alimentares, no período da seca**. 1987. 76 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 1987.

RODRÍGUEZ, N.M.; SALIBA, E.O.S.; GUIMARÃES JÚNIOR, R. Uso de indicadores para a estimativa de consumo a pasto e digestibilidade. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 43., 2006, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: SBZ, 2006. p. 263-282.

ROONEY, L.W.; PLUGFELDER, R.L. Factors affecting starch digestibility with special emphasis on sorghum and corn. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 63, p. 1607–1623, 1986.

RUY, D.; HANNA, M.A.; BULLERMAN, L.B. Stability of zearalenone during extrusion of corn grits. **Journal of Food Protection**, Des Moines, v. 62, n. 12, p. 1482-1484. 1999.

SALIBA, E.O.S. **Caracterização química e microscópica das ligninas dos resíduos agrícolas de milho e de soja expostos à degradação ruminal e seu efeito sobre a digestibilidade dos carboidratos estruturais**. 1998. 236 p. Tese (Doutorado em Ciência Animal) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 1998.

_____. Uso de Indicadores: passado, presente e futuro. In: TELECONFERÊNCIA SOBRE INDICADORES EM NUTRIÇÃO ANIMAL, 1., 2005, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: Escola de Veterinária da UFMG, 2005. p. 4-22.

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.

SANTOS, F.A.P.; HUBR, J.T.; THEURER, C.B.; SWINGLE, R.S.; SIMAS, J.M. Response of lactating cows to various densities of sorghum grain. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 75, n. 8, p. 1681-1685, 1997.

SAS INSTITUTE. **SAS user's guide statistics**: version 6.11. Cary, 1985. 117 p.

SCHNORR, B.; VOLLMERHAUS, B. Die Feinstruktur des pansenepithels von ziege und rind. **Zentralblatt für Veterinärmedizin**, Berlin, v. 14, n. 7, p. 784-818, 1967.

SIDDONS, B.Y.R.C.; PARADINE, J.; BEEVER, D.E.; CORNELL, P.B. Ytterbium acetate as a particulate-phase digesta flow marker. **British Journal of Nutrition**, Cambridge, v. 54, p. 509-519, 1985.

SILVA, A.G.M.E.; BORGES, I.; NEIVA, J.N.M.; RODRIGUEZ, M.; SALIBA, E.O.S.; MORAIS, S.A.; MORAIS, S.A.; SILVA, J.J.; MERLO, F.A.; SOUSA, T.A.S.; MAGALHÃES JÚNIOR, L.L.; GONÇALVES, N.C.; BARROS, V.P.; VALLE, R.C.A. Avaliação do LIPE® como indicador externo de digestibilidade em ovinos recebendo dietas com torta de babaçu. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE NUTRIÇÃO ANIMAL, 1., 2008, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: SEBRAE-CE, 2008. 1 CD-ROM.

STOCK, R.A.; SINDT, M.H.; PARROT, J.C.; GOEDEKEN, F.K. Effects of grain type, roughage level and monensin level on finishing cattle performance. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 68, p. 3441-3455, 1990.

THEURER, C.B. Grain processing effects on starch utilization bu ruminants. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 63, n. 5, p. 1649-1662, 1985.

TITGEMEYER, E.C. Design and interpretation of nutrient digestion studies. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 75, n. 8, p. 2235-2247, 1997.

TORRES, L.C.L.; FERREIRA, M.A.; GUIM, A.; VILELA, M.S.; GUIMARÃES, A.V.; SILVA, E.C. Substituição da palma-gigante por palma-miúda em dietas para bovinos em crescimento e avaliação de indicadores internos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 38, n. 11, p. 2264-2269, 2009.

TRAXLER, M.J.; FOX, D.G.; PERRY, T.C.; DICKERSON, R.L.; WILLIAMS, D.L. Influence of roughage and grain processing in high-concentrate diets on the performance of long-fed Holstein steers. **Journal Animal Science**, Albany, v. 73, p. 1888–1900, 1995.

TURGEON, O.A.; BRINK, D.R.; BRITTON, R.A. Corn particle size mixtures, roughage level and starch utilization in finishing steers diets. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 57, p. 739-749, 1983.

TURGEON, O.A.; SZASZ, J.I.; KOERS, W.C.; DAVIS, M.S.; VANDER POL, K.J. Manipulating grain processing method and roughage level to improve feed efficiency in feedlot cattle. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 88, p. 284-295, 2010.

UDEN, P.; COLUCCI, P.E; VAN SOEST, P.J. Investigation of chromium, cerium and cobalt as markers in digesta rate of passage studies. **Journal of Agriculture Science**, Cambridge, v. 31, p. 625-632, 1980.

UTLEY, P.R.; McCORMICK, W.C. Comparison of cattle finishing diets containing various physical forms of corn. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 40, p. 952-956, 1975.

UWITUZE, S.; PARSONS, G.L.; SHELOR, M.K.; DEPENBUSCH, B.E.; KARGES, K.K.; GIBSON, M.L.; REINHART, D.; HIGGINS, J.J.; DROUILARD, J.S. Evaluation of dried distillers grains and roughage source in steam-flaked corn finishing diets. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 88, p. 258-274, 2010.

VALADARES FILHO, S.C.; MORAES, E.H.B.; DETMANN, E. Perspectivas do uso de indicadores para estimar o consumo individual de bovinos alimentados em grupo. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 43., 2006, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: SBZ, 2006. 1 CD-ROM.

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

VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B.; LEWIS, B.A. Symposium: carbohydrate methodology, metabolism, and nutritional implications in dairy cattle. **Journal Dairy Science**, Champaign, v. 74, n. 10, p. 3583-3597, 1991.

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. 1261-1274, 2007.

VEGA, A.; POPPI, D.P. Extent of digestion and rumen condition as factors affecting passage of liquid and digesta particles in sheep. **Journal of Agricultural Science**. Cambridge, v. 128, p. 207-215, 1997.

WALDO, D.R.; SMITH, L.W.; COX, E.L. Model of cellulose disappearance from the rumen. **Journal of Dairy Science**, Albany, v. 55, p. 125-129, 1972.

WARNER, A.C.I. Rate of passage of digesta through the gut of mammals and birds. **Nutrition Abstracts and Reviews**. Series B, Kensington, v. 51, p. 789-820, 1981.

WHITE, T.W.; REYNOLDS, W.L.; KLETT, R.H. Roughage sources and levels in steers rations. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 29, p. 1001-1005, 1969.

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.

XIONG, Y.; BARTLE, S.J.; PRESTON, R.L. Density of steam-flaked sorghum grain, roughage level, and feeding regimen for feedlot steers. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 69, p. 1707-1718, 1991.

ZEOULA, L.M. **Efeitos da fonte de amido, do processamento e da adição de uréia sobre a fermentação in vitro e digestão parcial e total em bovídeos**. 1990. 134 p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Faculdade de Zootecnia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1990.

ZINN, R.A. Influence of flake density on the comparative feeding value of steam-flaked corn for feedlot cattle. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 68 p. 767-775, 1990.

ZINN, R.A.; OWENS, F.N. A rapid procedure for purine measurement and its use for estimating net ruminal protein synthesis. **Canadian Journal of Animal Science**, Vancouver, v. 66, p. 157, 1986.

ZINN, R.A.; PLASCENCIA, A. Interaction of whole cottonseed and supplemental fat on digestive function in cattle. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 71, n. 1, p. 11-17, 1993.

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, 2., 2007, Temple. **Proceedings...** Temple, 2007. p. 49-54.

ZINN, R.A.; OWENS, F.N.; WARE, R.A. Flacking 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.