

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL  
CURSO DE MESTRADO**

**RESPOSTAS METABÓLICAS DO PROCESSAMENTO E HÍBRIDOS DE MILHO  
ADICIONADOS EM DIETAS SEM VOLUMOSO PARA BOVINOS DE CORTE**

**Débora Gabriela da Mata**

**CAMPO GRANDE, MS  
2019**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL  
CURSO DE MESTRADO**

**RESPOSTAS METABÓLICAS DO PROCESSAMENTO E HÍBRIDOS DE MILHO  
ADICIONADOS EM DIETAS SEM VOLUMOSO PARA BOVINOS DE CORTE**

*Metabolic responses of processing and corn hybrids added in non-bulking diet for beef cattle*

**Débora Gabriela da Mata**

**Orientador: Prof. Dr. Luís Carlos Vinhas Ítavo**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, como requisito à obtenção do título de Mestre em Ciência Animal.

Área de concentração: Produção Animal

**CAMPO GRANDE, MS  
2019**

Daquilo que nunca me vi,  
para aquilo que não me vejo mais sem.  
Dedico a você Daniel, meu filho amado.

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, pelo dom da vida e por me guiar sempre. A ele toda honra e toda glória.

À Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, ao programa e corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa de estudos concedida que possibilitou a dedicação integral ao programa de pós-graduação e ao experimento.

Ao Prof. Dr. Luís Carlos Vinhas Ítavo, pela oportunidade de orientação, confiança em meu trabalho, ensinamentos, acolhimento e pelas lições pessoais e profissionais nesses anos de convívio.

Ao João Danilo Ferreira, pelo incentivo constante, por embarcar comigo nessa jornada, estando sempre disposto a me ajudar e amparar quando necessário.

À minha mãe Marly Lucia da Mata e minha irmã Camila de Oliveira, por sempre incentivar e ajudar a alcançar meus objetivos.

Aos meus companheiros de trabalho Eduardo Souza Leal, Gabriella Jorgetti de Moraes, Marcus Vinicius G. Niwa, Marlova Cristina Miotto da Costa, Noemila Débora Kozerski, Natália Heimbach, pelo auxílio nas diversas atividades deste projeto, mas principalmente pelo nosso dia-a-dia, enfim, por serem minha família campo-grandense.

As minhas amigas de longa data, Mayuanny Souza, Monika Ferreira, Nubiane Rios, Sintia Bessa e Tainá Linhares, obrigada por toda parceria, e apesar da distancia serem sempre presentes.

À toda equipe da FAMEZ e estagiários, pela ajuda prestada durante o período do experimento.

Ao Pedro Veiga R. Paulino, Jonas Daltrini, Dorival Falchi e à Cargill Animal Nutrition pela doação dos concentrados usados e toda a ajuda necessária para a execução do experimento.

À Fazenda São Luiz, através do seu gerente Sidnei de Souza pela doação dos insumos usados para a execução do experimento.

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

## RESUMO

MATA, D. G. Respostas metabólicas do processamento e híbridos de milho adicionados em dietas sem volumoso para bovinos de corte. 2019. 47 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, MS, 2019.

O aumento do uso de sistemas de criação de bovinos em confinamentos no Brasil, acompanha uma crescente necessidade de informações a respeito das questões nutricionais dos alimentos, e suas relações de digestibilidade e aproveitamento. O milho está entre os alimentos de grão que representa a maior parte da dieta destinada a bovinos confinados, tendo seus processamentos uma forma de disponibilizar os grânulos de amido a digestão para seu maior aproveitamento. O objetivo foi avaliar os efeitos do tipo de processamento do grão e de diferentes híbridos de milho adicionados a dietas sem volumoso nas respostas metabólicas de bovinos de corte, por meio do consumo e digestibilidade dos nutrientes e os parâmetros ruminais (pH ruminal e nitrogênio amoniacal). Quatro bovinos cruzados, machos castrados, fistulados no rúmen, com peso médio inicial de 502 kg e peso médio final de 600 kg, foram distribuídos em Quadrado Latino 4x4 (4 tratamentos e quatro períodos de 14 dias). Os tratamentos consistiram em dois tipos de híbrido (semi-dentado e “Flint” - duro) e dois tipos de processamento (moído seco e alta umidade ensilado) em um esquema fatorial 2x2. Não houve efeito do híbrido para as variáveis de consumo e digestibilidade. Houve interação significativa entre híbrido e processamento para CMS, CMO e CPB. Houve efeito de processamento para consumo de amido, amido e pH fecal e digestibilidade do amido. Houve correlação positiva entre a digestibilidade do amido estimada e observada. Para os valores de pH e nitrogênio amoniacal houve significância quanto aos horários de coletas, sendo para o pH o menor valor 08 horas após a coleta (5,60) e para nitrogênio amoniacal pico de liberação no tempo de 01 hora após a alimentação e o menor valor na coleta de 08 horas. A utilização do milho de alta umidade ensilado, independente do tipo de híbrido indica ser possível trabalhar com dietas sem volumoso como forma alternativa para confinamento de bovinos de corte, onde seu uso favorece uma maior digestibilidade e aproveitamento do amido, independente do tipo de híbrido, o que promove uma maior disponibilização energética deste ingrediente na dieta, podendo levar a um maior desempenho animal.

**Palavras-chave:** amido; consumo; digestibilidade; grão úmido; moagem.

## ABSTRACT

MATA, D. G. Metabolic responses of processing and corn hybrids added in non-bulking diet for beef cattle. 2019. 47 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, MS, 2019.

The increase in the use of cattle breeding systems in confinements in Brazil, accompanies a growing need for information on nutritional issues of food, and their relationships of digestibility and utilization. Corn is among the grain foods that represents the bulk of the diet for confined cattle, with their processing a way to make the starch granules available for digestion to be used more efficiently. The objective of this study was to evaluate the effects of the type of processing and of different corn grain hybrids added to diets without bulk in the metabolic responses of beef cattle, through nutrient intake and digestibility and ruminal parameters (ruminal pH and ammoniacal nitrogen) . Four crossbred, rumen fistulated male crossbreds, with an average initial weight of 502 kg and a final mean weight of 600 kg, were distributed in Quadrado Latino 4x4 (4 treatments and four 14 day periods). The treatments consisted of two types of hybrid (semi-toothed and "Flint" - hard) and two types of processing (dry ground and high silage moisture) in a 2x2 factorial scheme. There was no Hybrid effect for the consumption and digestibility variables. There was significant interaction between Hybrid and processing for DMI, OMI and CPI. There was a processing effect for starch consumption, starch and fecal pH, and starch digestibility. There was a positive correlation between the estimated and observed starch digestibility. For the values of pH and ammoniacal nitrogen, there was a significance regarding the collection schedules, being the lowest value 08 hours after collection (5.60) and for ammoniacal nitrogen release peak at the time of 01 hour after feeding and for the pH. lower value in the collection of 08 hours. The use of high silage maize, regardless of the type of hybrid, indicates that it is possible to work with diets with no bulk as an alternative for confinement of beef cattle, where its use favors a higher digestibility and use of the starch, regardless of the type of hybrid, which promotes a greater energetic availability of this ingredient in the diet, which can lead to higher animal performance.

**Keywords:** consumption; digestibility; milling; starch; wet grain.

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Teores de amido, em porcentagem de matéria seca, dos principais grãos ricos em amido utilizados na alimentação de ruminantes	14
Tabela 2 - Influência do processamento dos grãos de milho na digestão do amido e da fibra nos diferentes compartimentos do trato digestivo de bovinos de corte em confinamento (% de nutrientes que entra no compartimento)	20
<b>Artigo: Respostas metabólicas e zootécnicas de bovinos de corte recebendo dieta sem volumoso</b>	
Tabela 1 - Dietas experimentais	48
Tabela 2 – Composição dos híbridos nos processamentos	48
Tabela 3 - Consumo, digestibilidade aparente de nutrientes e características fecais de bovinos de corte recebendo dietas sem volumoso (forragens) à base de milho e dois tipos de processamento e híbridos	49
Tabela 4 - pH ruminal de bovinos alimentados com dietas sem volumoso, variando o método de processamento, o tipo de híbrido de milho e os horários de coleta	50
Tabela 5 - Nitrogênio amoniacal do líquido ruminal de bovinos alimentados com dietas sem volumoso, variando o método de processamento, o tipo de híbrido de milho e os horários de coleta	51

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 - Interação no consumo de matéria seca em bovinos de corte alimentados com dietas sem volumoso 52
- Figura 2 - Variação do pH ruminal de bovinos de corte alimentados com dietas sem volumoso 52
- Figura 3 - Concentração de N amoniacal no líquido ruminal de bovinos de corte alimentados com dieta sem volumoso 53

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	09
<b>2. OBJETIVOS</b> .....	10
2.1 Objetivo geral .....	10
2.2 Objetivo específico .....	10
<b>3. REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	11
3.1 Milho .....	11
3.2 Amido .....	14
3.2.1 Digestibilidade do Amido .....	16
3.3 Aproveitamento do Amido em Bovinos de Corte .....	19
3.4 Milho de Alta Umidade Ensilado .....	21
REFERÊNCIAS .....	23
<b>4. ARTIGO - RESPOSTAS METABÓLICAS E ZOOTÉCNICAS DE BOVINOS DE CORTE RECEBENDO DIETA SEM VOLUMOSO</b>	
RESUMO .....	31
ABSTRACT .....	32
INTRODUÇÃO .....	33
MATERIAL E MÉTODOS .....	34
RESULTADOS .....	38
DISCUSSÃO .....	39
CONCLUSÃO .....	43
REFERÊNCIAS .....	44
TABELAS .....	48
FIGURAS .....	52
<b>5. CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	54

## 1. INTRODUÇÃO

A cultura do milho desempenha papel fundamental no agronegócio brasileiro e mundial, principalmente devido a sua contribuição de energia digestível tanto para seres humanos quanto para os animais domésticos (GARCÍA-LARA e SERNASALDIVAR, 2019).

O Brasil encontra-se consolidado como 3º maior produtor de milho no mundo e 2º maior exportador, com um consumo elevado do cereal, uma vez que é um dos principais produtores mundiais de proteína animal (CONAB, 2018) e têm o milho entre os alimentos que representa a maior parte da dieta destinada a bovinos confinados, principalmente quando se utiliza dietas com elevado teor energético (STONE et al., 1996; THEURER, 1986).

A eficiência de utilização dessas dietas depende principalmente do uso eficiente do amido contido nesses grãos. Assim, o processamento adequado do grão de milho tem efeito marcante na digestibilidade do amido em bovinos de corte (OWENS e ZINN, 2005; OWENS, 2007).

O grão de milho, em média apresenta de 65 a 80% de amido, é constituído de pericarpo, gérmen, ponta e endosperma, que subdivide em farináceo (dentado) e vítreo (duro “flint”) (EMBRAPA, 2006).

O grão com endosperma farináceo possui um melhor aproveitamento do amido se tornando uma excelente opção para o confinamento brasileiro, porém acaba se tornando inviável, devido sua alta susceptibilidade a ataques de pragas e doenças, assim no Brasil predomina o uso de milho com endosperma vítreo (duro “flint”), onde suas características físicas e morfológicas propiciam maior resistência a pragas e doenças, tanto a campo quanto em condições de armazenamento (TEIXEIRA, 2015).

O amido encontrado nos grãos do tipo duro apresenta menor digestibilidade quando comparado ao tipo dentado, logo é de se esperar que os métodos de processamento mais intensos, como moagem, ensilagem de grãos úmidos e a floculação sejam benéficas (OWENS, 2007), por minimizar as limitações intestinais à digestão do amido, aumentando sua digestibilidade (THEURER, 1986).

Métodos de processamentos com moagem grosseira e fina são os mais praticados no país (PINTO e MILLEN, 2016), porém o milho de alta umidade

ensilado e floculação são adotados para promover maior aproveitamento do amido, disponibilizar mais energia, melhorar desempenho e eficiência dos animais (PINTO e MILLEN, 2017).

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo Geral**

Avaliação os efeitos do tipo de processamento e de diferentes híbridos do grão de milho adicionados a dietas sem volumoso nas respostas metabólicas de bovinos de corte, por meio do consumo e digestibilidade dos nutrientes, e os parâmetros ruminais (pH ruminal e nitrogênio amoniacal).

### **2.2. Objetivo Específico**

- Determinar o consumo de nutrientes em dois diferentes tipos de processamento e híbrido em dietas sem volumoso;
- Avaliar a digestibilidade em dois diferentes tipos de processamento e híbrido em dietas sem volumoso;
- Estimar os parâmetros ruminais (pH, N-amoniaco) em diferentes tempos de coleta em dois diferentes tipos de processamento e híbrido em dietas sem volumoso.

### 3. REVISÃO DE LITERATURA

#### 3.1 Milho

A cultura do milho desempenha papel fundamental no agronegócio brasileiro e mundial, tendo seu sucesso por sua ampla adaptação a diferentes ecossistemas, desenvolvimento de variedades do milho tradicional ao geneticamente modificado e ao seu alto valor nutricional, principalmente devido a sua contribuição de energia digestível tanto para seres humanos quanto para os animais domésticos (DOURADO NETO et al., 2004; GARCÍA-LARA e SERNA-SALDIVAR, 2019).

O Brasil encontra-se consolidado como 3º maior produtor de milho no mundo e 2º maior exportador, com um consumo elevado do cereal, uma vez que é um dos principais produtores mundiais de proteína animal (CONAB, 2018), sendo um dos alimentos mais empregado para suprir as demandas energéticas dos bovinos, tida então como um dos nutrientes de maior importância para a terminação dos mesmos (KAZAMA et al., 2008).

A qualidade do grão está associada a sua constituição física, determinando assim sua dureza e textura, mas a sua composição química é que define seu valor nutricional e suas propriedades tecnológicas (DE PAULA, 2014).

Com base em suas características, os grãos de milho podem ser divididos em cinco tipos: duro (flint), pipoca, farináceo, dentado e doce (CORONA et al., 2006).

No entanto, o Ministério da Agricultura através da Instrução Normativa (in) nº 60 de 22/12/2011 estabeleceu que a partir de setembro de 2013 o milho seja classificado, baseado na consistência e formato do grão, em quatro grupos, sendo: duro, dentado, semiduro e misturado, caso não esteja compreendido nos grupos anteriores (BRASIL, 2011).

Independentemente do grupo, o milho é composto por quatro estruturas físicas principais: endosperma, gérmen, pericarpo (casca) e ponta, com composição média em base seca de 65 a 80% amido, 9,5% proteínas, 9% fibra em detergente neutro e 4% de óleo (CORONA et al., 2006).

O endosperma representa mais de 80% do peso do grão, formando a maior parte e exercendo grande importância na determinação do valor econômico e

nutricional do milho, por esse motivo, sua característica é utilizada na classificação dos grupos dos grãos (SANTOS, 2015).

Constituído principalmente de amido, o endosperma está organizado em forma de grânulos, além das proteínas de reservas do tipo prolaminas, chamadas zeínas, as quais compõem a matriz que envolve os grânulos de amido em sua parte interna (PAES, 2006).

Sob aspecto nutricional, o conteúdo dessas proteínas está associado com as diferenças na dureza dos grãos. A dureza é uma característica física que influencia na qualidade e no processamento dos grãos de milhos (FOX e MANLEY, 2009).

Em sua estrutura ainda é encontrado duas regiões distintas, a região do endosperma vítreo, onde os grânulos de amido são densamente compactados dentro de uma matriz protéica, e a região do endosperma farináceo, tendo grânulos de amido fracamente associados com essa matriz (MCALLISTER et al., 2006).

O milho cultivado no Brasil é predominantemente de textura dura, sendo mais de 78% do milho caracterizado por endosperma mais vítreo (CRUZ et al., 2012), possuindo menor digestibilidade do amido pelas suas características físicas e morfológicas que propiciam maior resistência a pragas e doenças, tanto no campo quanto em condições de armazenagem (CORREA et al., 2002).

Embora os híbridos de milho apresentem uma variação mínima na quantidade de amido, eles diferem bastante em relação a sua vitreosidade (SKASK et al., 2007), assim no endosperma vítreo a interação com a proteína pode limitar a susceptibilidade do amido a ação da amilase, reduzindo a sua digestibilidade (MCALLISTER et al., 1990).

A ligação da proteína com amido é mais forte no milho, explicando assim porque o processamento deste grão resulta em um grande número de grânulos de amido quebrados, maior área de superfície e aumento na degradação ruminal (SVIHUS et al., 2005).

O processamento do grão visa disponibilizar a molécula de amido, aumentando a energia para o animal, por aumentar o acesso dos microrganismos aos grânulos de amido pela eliminação das barreiras primárias, como o pericarpo, diminuindo a influência da matriz protéica (OWENS et al., 1986).

### 3.2 Amido

O amido é o principal componente energético contido em grãos e representa entre 66 e 76% da matéria seca (MS) do milho (Tabela 1).

Tabela 1. Teores de amido, em porcentagem de matéria seca, dos principais grãos ricos em amido utilizados na alimentação de ruminantes

Referência	Milho	Sorgo	Cevada	Trigo
Herrea Saldana et al (1990)	75,7	71,3	64,3	70,3
Nocek e Tamminga (1991)	67,0	65,2	56,7	66,0
De Visser (1993)	67,6	65,2	56,1	65,4
Zeoula e Caldas Neto (2001)	72,1	70,0	59,3	64,8
Valadares Filho et al. (2002)	66,3	62,9	66,1	70,4

Fonte: Adaptado de Antunes e Rodrigues, 2006

Na nutrição de ruminantes, sua importância pode ser atribuída a vários fatores como sua participação efetiva na composição nas dietas dos bovinos, a variação da taxa de fermentação ruminal, a influência da proporção amilose:amilopectina e o método de processamento (SANTOS, 2015).

No grão o amido pode representar até 80% de sua totalidade, assim esta é a porção mais atingida quando se utiliza diferentes métodos de processamento, onde em geral, o adequado processamento tem efeito significativo em sua digestibilidade para bovinos de corte (NOCEK E TAMMINGA, 1991; SANTOS et al., 2011).

A funcionalidade do amido depende das macromoléculas que o compõem e da organização física das mesmas para formar a estrutura granular (BELLO-PÉREZ et al., 2006).

Os grânulos de amido são formados pela deposição de anéis de crescimento, consistindo em camadas alternadas de amorfas e semicristalinas, os quais se estendem a partir do centro do grânulo em direção a superfície, de forma análoga às camadas de uma cebola, tendo a região amorfa representando as ramificações de amilopectina, enquanto a região cristalina sua parte mais compactada (TESTER et al., 2004).

Todos os fatores que causam modificações físicas e químicas no amido atacam primeiro a região amorfa, que sendo a que possui maior quantidade de amilose, pode ser considerada uma das teorias que explica o motivo da menor

digestibilidade, pois esta região é complexada com lipídeos (ROONEY e PFLUGFELDER, 1986).

De maneira geral, sua composição é formada por polímeros de glicose lineares e ramificados denominados de amilose e amilopectina, os quais representam de 98 a 99% dos grânulos, que são mantidas juntas através de pontes de hidrogênio. A amilose é um polímero longo e relativamente linear, formado por moléculas de D-glicose, com cerca de 99% das ligações  $\alpha$ -1,4. Por outro lado, a amilopectina é uma molécula maior que a amilose, mais insolúvel, formada por moléculas de D-glicose, com ligações  $\alpha$ -1,4, com ramificações  $\alpha$ -1,6, onde estrutural e funcionalmente é mais importante que amilose, pois sozinha consegue formar o grânulo (MCALLISTER et al., 2006).

A proporção entre amilose e amilopectina, que variam entre espécies e variedades de grãos, é fator determinante para influenciar a taxa de degradação e a digestibilidade do amido. A digestibilidade do amido é inversamente proporcional ao teor de amilose. Desta forma fontes de amido com maiores teores de amilopectina, podem apresentar maior digestibilidade (GONÇALVES, 2009).

Em seu estado nativo o amido é insolúvel em água fria, porém quando se aplica algum tipo de energia, este é responsável pela quebra das pontes de hidrogênio, onde os grânulos de amido absorvem água e incham, aumentam de tamanho e formam uma pasta. A abundância de grupos hidroxilas nas moléculas de amido confere características hidrofílicas, pois permite que o polímero estabeleça ligações de hidrogênio com a água (MUNHOZ et al., 2004).

Este processo é conhecido como gelatinização do amido, o qual causa a mudança irreversível na estrutura granular, sendo provocado por diversos fatores como agentes químicos, térmicos ou então por possíveis combinações entre os mesmos, podendo se observar a penetração de água inicialmente nas regiões amorfas, permitindo a hidratação e inchamento dos grânulos de amido (HOOVER, 2001; SINGH et al., 2003).

Os mesmos autores afirmam que com o aquecimento e conseqüente inchamento dos grânulos, assim como aumento da absorção de água, resultam na perda da ordem cristalina, havendo dissociação das moléculas de amido, resultando em rompimento da matriz protéica e expondo o amido, tornando mais susceptíveis a degradação enzimática, pois conseguem absorver maior quantia de água, o que

associado a perda da estrutura cristalina, favorece ao ataque enzimático (ROONEY e PFLUGFELDER, 1986).

O amido gelatinizado é instável e tende a se reorganizar parcialmente quando ocorre redução da temperatura e da quantidade de água do seu meio, isso é em virtude do restabelecimento parcial das pontes de hidrogênio existente entre amilose e amilopectina (HOOVER, 2001).

Assim, a estrutura original do amido é perdida permanentemente, ou seja, não retorna suas características nativas. Esse processo é denominado de retrogradação e tende a aumentar a proporção do amido resistente ao ataque das amilases, o que pode reduzir a digestibilidade ruminal e intestinal do amido (ROONEY e PFLUGFELDER, 1986).

Alguns dos fatores que podem interferir o processo de retrogradação são as condições de aquecimento e resfriamento, pH e presença de solutos como lipídeos e açúcares, onde SINGH et al. (2003) afirmam ainda que o teor de amilose é um dos principais fatores que influencia a retrogradação, sendo que quanto maior for o seu teor, maior será a tendência de reassociação.

Em estudo, HOFFMAN et al. (2011) acompanharam o destino da matriz protéica em silagens de grão úmido de milho armazenadas por 240 dias e observaram que a ensilagem reduziu as concentrações de prolaminas.

O processamento dos grãos torna-se importante para quebrar as barreiras e aumentar a disponibilidade dos grânulos de amido aos microrganismos dos animais, pelo fato do amido estar entre as principais fontes de energia para os ruminantes (SANTOS, 2015).

### **3.2.1 Digestibilidade do Amido**

A digestão do amido é o início do processo para que este possa ser utilizado como fonte de energia pelos ruminantes, onde a maior parte dos carboidratos das dietas são fermentados no rúmen, dando origem aos ácidos graxos voláteis (AGV) que são absorvidos através da parede ruminal, porém o que não é degradado passa para o intestino delgado, e caso o amido esteja presente, estará apto a hidrólise pelas enzimas pancreáticas e intestinais, liberando glicose que será absorvida (VAN SOEST, 1994).

A digestibilidade do amido dos grãos é afetada por dois fatores principais, o tipo de grão e o método de processamento (ROONEY e PFLUGFELDER, 1986).

De maneira geral, os fundamentos do processamento dos grãos são a melhoria da digestibilidade dos alimentos por meio da quebra das barreiras que impedem o acesso enzimático aos componentes nutricionais, conservação, o isolamento das partes específicas e a melhoria da palatabilidade (MCALLISTER et al., 1990; POND et al., 1995). Os métodos são classificados em secos (quebra, moagem, laminação e tostagem) e úmidos (floculação, explosão, cozimento sob pressão e ensilagem) (Hale, 1973).

Os fatores intrínsecos ao tipo de grão são: a relação amilose:amilopectina, a vitreosidade e principalmente a presença de matriz protéica revestindo os grânulos de amido (MCALLISTER et al., 2006). Estes fatores interferem de forma dinâmica na quantidade de amido que será fermentado no rúmen ou que chegará ao intestino delgado (ROONEY e PFLUGFELDER, 1986).

Embora existam diferenças na velocidade de digestão de diferentes tipos de grânulos de amido, o maior impacto se dá pela influência de barreiras primárias como matriz protéica, pericarpo e a casca. Conforme reforçado pelos autores Mcallister et al. (1990) e Chesson e Forsberg (1997), que afirmaram que a extensão da digestão do amido no rúmen parece ser mais determinada pela natureza do material que circunda e protege o grânulo de amido do que propriamente pela composição química do amido, sendo o acesso determinado pelas taxas de degradação da parede celular das células endospermáticas e, principalmente, da matriz protéica.

A matriz protéica é uma estrutura amorfa com função estrutural no grão, essa matriz está densamente compactada no endosperma vítreo, principalmente no milho, onde sua forte interação com os grânulos de amido do milho ajuda explicar porque é menos digestível no rúmen, fazendo com que parte do amido desse grão escape da fermentação ruminal (MCALLISTER et al., 1990).

Assim, o amido não está facilmente disponível para a digestão enzimática, a menos que a matriz protéica também seja digerida ou que processamentos químicos ou físicos exponham os grânulos de amido à digestão (ROONEY e MILLER, 1981).

O milho é o principal alimento utilizado nos sistemas de terminação de bovinos em confinamento para suprir as demandas energéticas (KAZAMA et al., 2008) e de

forma geral, a digestão do amido de milho no trato digestivo de bovinos ocorre, em média, 80% no rúmen e 95% no trato digestivo total (OWENS et al., 1986), embora o grau de processamento possa alterar esse número.

No processo de digestão ruminal, as enzimas microbianas responsáveis pela digestão do amido são basicamente, as  $\alpha$ -amilases, as Isoamilases (isodextrinas limites), glucoamilases (extremidade redutora) e as  $\beta$  – amilases (maltase). Ambas são enzimas extracelulares de bactérias, podendo ocorrer também interações entre bactérias no processo de digestão (ANTUNES et al., 2011).

Harmon et al. (2004) revisaram fatores que afetam a digestão de amido no intestino e mostraram que a digestibilidade ruminal do amido para dietas à base de milho é de 80%, sendo que, o amido que escapa da fermentação ruminal pode ser digerido no intestino em torno de 30 a 60% da quantidade que chega ao local. Porém estes autores não observaram a relação entre consumo de amido e digestibilidade ruminal do amido, mostrando que a digestão ruminal do amido não foi limitante.

Entretanto, existem divergências entre pesquisadores quando ao local de maior eficiência quanto à digestão do amido. Onde, de forma resumida, durante a fermentação ruminal ocorrem perdas de calor e metano (OWENS e ZINN, 2005), enquanto que, a digestão intestinal pode não ser plenamente eficiente devido à alta taxa de passagem da digesta, adaptação enzimática na digestão do amido, dentre outros (CHANNON et al., 2004).

O primeiro processo que ocorre quando o amido chega ao intestino delgado é a quebra ao acaso das ligações  $\alpha$  1-4 nas moléculas de amilose e das regiões retilíneas da molécula de amilopectina, liberando produtos como maltose e dextrinas-limites pela ação da  $\alpha$ -amilase pancreática (HARMON, 1993).

Por fim, Bauer et al. (2001) sugeriram ainda que o amido que ainda possa a vir escapar da digestão enzimática no intestino delgado, pode ser fermentado a AGV no intestino grosso dos animais. Neste sentido, Channon et al. (2004) mostraram correlações significativas entre o pH fecal e teores de amido fecal.

Como já citado, o processamento do grão, altera a digestão e aproveitamento do amido. O processamento a ser utilizado é selecionado com base no aumento de digestibilidade, aceitabilidade pelo animal, custo e probabilidade de causar disfunções digestivas. Como dito anteriormente o processamento pode interferir na

digestibilidade do amido e no local de digestão depende das condições do processamento como, tamanho de partícula, tempo de fermentação e extensão da gelatinização (OWENS e ZINN, 2005).

### **3.3 Aproveitamento do Amido em Bovinos de Corte**

O rúmen é o principal sítio de digestão do amido, em média 80% do amido é digerido neste compartimento, segundo Owens et al. (1986), verificaram a degradabilidade ruminal variou de 58,9% para o grão inteiro até 86% para o grão ensilado. A digestibilidade média do amido que escapou da fermentação ruminal no intestino delgado foi de  $52,9\% \pm 18,6\%$ .

Essa redução da digestibilidade no intestino delgado é devido a maior disponibilidade do amido para a fermentação ruminal, mas também por fatores específicos relacionados a atividade das enzimas amilase, maltase e isomaltase; da capacidade limitada de absorção da glicose secretada pela digestão do amido; do acesso inadequado das enzimas aos grânulos de amido ou pela proteção física conferida pela matriz protéica aos grânulos.

Stock et al. (1990) e Owens e Soderlund (2007) verificaram que grãos de milho não processados (inteiros) ou pouco processados apresentam menor digestão ruminal do amido, resultando em passagem de quantidade significativa de amido para o intestino delgado, o qual possui boa digestibilidade, porém como ponto de atenção a taxa de passagem, que quando alta, ou seja, baixa permanência no intestino delgado, pode prejudicar a digestão e absorção do amido, podendo resultar em passagem significativa para o intestino grosso, sendo baixa a digestibilidade e com maiores perdas energéticas, pois a proteína microbiana formada no intestino grosso é toda excretada nas fezes.

Todo o amido ingerido que chega ao intestino grosso é o de menor digestibilidade, como no caso do milho laminado a seco que tem sua digestibilidade do amido de 56,32% contra 24,8% para silagem de grão úmido, 20,47% para milho floculado e 32,09% para milho inteiro, assim diante das altas digestibilidades do amido do milho ensilado úmido e floculado no rúmen e intestino delgado, a fração de amido que chega ao intestino grosso e quase que composta apenas pela fração indigestível (OWENS e SODERLUND, 2007).

O processamento dos grãos faz com que haja quebra das barreiras recalitrantes, como a casca, pericarpo e a matriz protéica, permitindo assim acesso dos microrganismos ao amido dentro das células do endosperma, além de reduzir o tamanho da partícula, aumentando a área de adesão microbiana e colonização, conseqüentemente o aumento da taxa e extensão da digestão de amido (OWENS et al., 1997).

No Brasil os resultados encontrados para a porcentagem de amido nas fezes foi maior quando os animais foram alimentados com milho laminado, intermediária com milho moído e milho úmido ensilado, por fim menor com milho floculado (CARARETO, 2011),

Houve um maior ganho de peso e melhor valor de energia líquida da dieta com grãos de milho floculado e ensilados úmidos, podendo concluir assim que estes dois foram os melhores processamentos para fornecer energia para bovinos Nelore em terminação, onde Peres (2011) citou que a floculação do milho duro aumentou ao ganho de peso diário, rendimento de carcaça, mas não houve diferença na ingestão de matéria seca (IMS), porém resultou em um incremento na eficiência alimentar de 25,5%.

Owens e Soderlund (2007) compilaram dados de experimentos publicados entre 1990 a 2006 sobre processamento de grãos, nos quais a digestibilidade do amido nos diferentes compartimentos do trato digestivo foi medida em garrotes de corte (Tabela 2).

Tabela 2 – Influência do processamento dos grãos de milho na digestão do amido e da fibra nos diferentes compartimentos do trato digestivo de bovinos de corte em confinamento (% de nutrientes que entra no compartimento)

	<b>Milho Inteiro</b>	<b>Milho Laminado Seco</b>	<b>Milho Alta Umidade Ensilado</b>	<b>Milho Floculado</b>
Digest. <sup>(1)</sup> Amido rúmen, %	68,34 <sup>b</sup>	63,80 <sup>b</sup>	86,55 <sup>a</sup>	84,05 <sup>a</sup>
Digest. amido ID <sup>(2)</sup> , %	64,64 <sup>b</sup>	58,83 <sup>b</sup>	94,86 <sup>a</sup>	92,48 <sup>a</sup>
Digest. amido IG <sup>(3)</sup> , %	32,09 <sup>ab</sup>	56,32 <sup>a</sup>	24,80 <sup>b</sup>	20,47 <sup>b</sup>
Digest. amido rúmen + ID, %	86,60 <sup>ab</sup>	83,67 <sup>b</sup>	99,07 <sup>a</sup>	98,48 <sup>a</sup>
Digest. amido ID + IG, %	52,99 <sup>c</sup>	72,16 <sup>b</sup>	93,10 <sup>a</sup>	94,33 <sup>a</sup>

Digest. amido				
Trato Digestivo Total, %	87,08 <sup>c</sup>	91,03 <sup>b</sup>	99,25 <sup>a</sup>	99,09 <sup>a</sup>

Fonte: Adaptado de Owens e Soderlund (2007)

<sup>(1)</sup>Digest.: Digestão; <sup>(2)</sup>ID: Intestino Delgado; <sup>(3)</sup>IG: Intestino Grosso.

<sup>a,b,c</sup> Médias com letras diferentes na mesma linha são diferentes (P<0,05).

Entretanto, Turgeon Jr. et al. (1983) recomendaram que a moagem seja suficiente para garantir melhor eficiência do sistema de engorda de bovinos em confinamento, uma vez que é um processo simples e prático obtendo diferentes tamanhos de partículas, conseqüente variação na proporção da degradação ruminal e digestão intestinal, onde diferentes granulometrias dos grãos podem implicar em diferentes digestibilidades e ganho de peso (HALE, 1973).

A moagem fina normalmente aumenta a disponibilidade do amido dos grãos, proporcionando desempenho animal satisfatório em confinamento, porém silagem de grão úmido e floculação, via de regra, são mais eficientes na disponibilidade da energia dos grãos (SANTOS et al., 2004). No entanto, silagem de grão úmido visando melhoria no ganho de peso e na eficiência alimentar pode viabilizar melhor o confinamento, onde há casos que representa menor tempo de confinamento e menor custo da arroba produzida, uma vez que a alimentação pode representar até 80% do custo (TULLIO, 2004), sendo maior margem de lucro por animal.

Experimentos conduzidos no Brasil com milho duro, a ensilagem de milho úmido reduziu a ingestão de matéria seca em 7,46% e aumentou o ganho de peso diário dos animais em 4,87% quando comparado com o milho moído fino. A melhoria na eficiência alimentar foi de 13,72%, sendo maior que os relatados em trabalhos americanos quando comparado milho ensilado úmido com milho laminado, isso pode ocorrer devido o milho do tipo duro usado no Brasil, possuir amido menos digestível que o milho dentado americano (MARQUES, 2011).

### 3.4 Milho de Alta Umidade Ensilado

No Brasil, segundo Kramer e Voorsluys (1991) esta técnica foi introduzida no início da década de 80, sendo no estado do Paraná, inicialmente na alimentação dos suínos e mais tarde na alimentação de bovinos leiteiros e de corte.

A qualidade nutricional de silagens de grãos úmidos inicia com a escolha do híbrido de milho. A produtividade é uma característica indispensável, mas em especial devem apresentar resistência a micotoxinas e baixa porcentagem de grãos

ardidos, deve-se observar a adaptação do híbrido a cada região do país e o ciclo da cultura (GOBETTI et al., 2013).

A ensilagem do milho de alta umidade é um processamento que permite a armazenagem de milho grão moído de maneira econômica e eficaz, podendo melhorar os resultados zootécnicos e econômicos da propriedade. A ensilagem consiste na colheita, moagem, compactação e estocagem do milho grão no ponto de maturação fisiológica (máximo peso e qualidade), onde este ocorre quando o grão atinge cerca de 35% de umidade, dependendo do híbrido, clima e outros fatores relacionados ao desenvolvimento da cultura (BACK e LAZZARI, 2001).

Durante a ensilagem, a quebra da matriz protéica é mediada pela atividade proteolítica de microrganismos e enzimas vegetais, sendo o principal mecanismo que expõe os grânulos de amido a degradação enzimática (VIERSTRA, 1996; JUNGES et al., 2017).

O objetivo do armazenamento de grãos é manter as características que os grãos possuem imediatamente após o pré-processamento, tais como a viabilidade de sementes, a qualidade de moagem e as propriedades nutritivas (SANTOS, 2015).

A melhoria da digestibilidade do amido se deve a redução da influência negativa que as matrizes protéicas presente no endosperma causam sobre a fermentação microbiana do amido, pois não se encontram completamente consolidadas devido à colheita antecipada do grão (HALE, 1973).

A moagem dos grãos úmidos é um procedimento necessário, pois, além de facilitar a compactação, também melhora a absorção de nutrientes no trato digestório do animal. Esta prática pode ser realizada de acordo com as necessidades de cada propriedade, sendo recomendado o uso de desintegrador quando a mais de 10 sacas de milho/hora, a fim de evitar que o milho colhido seja acometido pela fermentação aeróbia devido ao tempo de espera na carreta (Lugão et al., 2011).

Mesmo considerando os custos com o processo de fabricação do milho de alta umidade ensilado o balanço é extremamente favorável. Como pontos negativos neste processo, estão à impossibilidade ou dificuldade de comercialização de eventuais excedentes de produção e na produção de concentrados, já que a maior umidade diminui a estabilidade do produto (JOBIM et al., 2001).

#### 4. REFERÊNCIAS

- ANTUNES, R. C.; RODRIGUEZ, N. M.; SALIBA, E. O. S. Metabolismo de carboidratos não estruturais. **Nutrição de ruminantes**. Jaboticabal: FUNEP. p. 239-263, 2011.
- BACK, S. P.; LAZZARI, F.A. Produção, comercialização e consumo de milho em grãos no Brasil. In: LAZZARI, F.A.; LAZZARI, S.M.N. (Org.). **Silagem de grãos úmido de milho**. Curitiba: Leal Ltda, p.1-6, 2001.
- BAUER, M. L. et al. Influence of  $\alpha$ -linked glucose on sodium-glucose cotransport activity along the small intestine in cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 79, n. 7, p. 1917-1924, July 2001.
- BEAUCHEMIN, K.A.; McALLISTER, T.A.; DONG, Y. et al. Effects of mastication on digestion of whole cereal grains by cattle. **Journal of Animal Science**, v.72, n.2, p.236-246, 1994.
- BELLO-PÉREZ, L. A.; MONTEALVO, M. G. M.; ACEVEDO, E. A. Almidón: definición, estructura y propiedades. In: LAJOLO, F. M.; MENEZES, E. W. **Carboidratos em alimentos regionales iberoamericano**. São Paulo: Edusp. Cap. 1, p. 17-46, 2006.
- BILIADERIS, C. G. The structure and interactions of starch with food. **Canadian Journal of Physiology and Pharmacology**, Ottawa, v. 69, p. 60-78, 1991.
- BRASIL. Instrução Normativa nº 60 de 22 de dez. de 2011. Estabelecer o Regulamento Técnico do Milho na forma da presente. Diário Oficial da União, Poder Executivo, Brasília (23 de dez. 2011); Sec. 1: 3-5. 2011.
- BULEON, A.; COLONA, P.; PLANCHOT, V.; BALL, S. Mini review starch granules: structure and biosynthesis. **International Journal o Biological Macromolecules**, Oxford, v. 23, p. 85-112, 1998.
- CAETANO, M. **Estudo das perdas de amido em confinamentos brasileiros e do uso do amido fecal como ferramenta de manejo de bovinos confinados**. 2008. 76 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 2008.
- CARERATO, R. **Fontes de nitrogênio, níveis de forragem e métodos de processamento de milho em rações para tourinhos da raça nelore terminados em confinamento**. 2011. 104 p. Tese (Doutorado em Ciência Animal e Pastagens) – Escola Superior de Agricultura "Luiz Queiroz", Piracicaba, 2011.
- CHANNON, A. F.; ROWE, J. B.; HERD, R. M. Genetic variation in starch digestion in feedlot cattle and its association with residual feed intake. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, Collingwood, v. 44, n. 5, p. 469-474, June 2004.

CHESSON, A.; FORSBERG, C.W. Polysaccharide degradation by rumen microorganisms. In: HOBSON, P.N. e STEWART, C.S. (Eds). **The rumen microbial ecosystem**. Londres: Brackie Academic e Professional. cap.8, p.329-381. 1997

CONAB. COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Perspectivas para a agropecuária, Brasília, v.6, p. 1-112, ago. 2018.

CORONA, L. et al. Comparative effects of whole, ground, dry-rolled and steam-flaked corn on digestion and growth performance in feedlot cattle. **The Professional Animal Scientist**. Illinois, v. 21, n. 3, p. 200-206, June 2005.

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

CORREA, C.E.S.; SHAVER, R.D.; PEREIRA, M.N.; LAVER, J.G.; KOHN, K. Relationship between corn vitreousness and ruminal in situ starch degradability. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.85, p.308-312, 2002.

CRUZ, J.C., QUEIROZ, L.R., PEREIRA FILHO, I.A. Mais de 210 cultivares transgênicas são disponibilizadas no mercado de sementes do Brasil para a safra 2012/13. 2012.

DE PAULA, R. M. **Utilização de milho grão inteiro para terminação de novilhas Nelore em confinamento**. Pirassununga: Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos – Universidade de São Paulo, 2014. 58 f. Dissertação (Mestrado em Qualidade e Produtividade Animal) - Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos – Universidade de São Paulo, 2014.

DOURADO NETO, D.; DARIO, G. J. A.; BARBIERI, A. P. P.; MARTIN, T. N. Biostimulant action on agronomic efficiency of corn and common beans. **Biosci. J.**, v. 30, n. 1, p. 371-379, 2014.

ELIASSON, A. C. Starch in food – Structure, function and applications. New York: Boca Raton, CRC. 605 p., 2004.

EMBRAPA| Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Aspectos Físicos, Químicos e Tecnológicos do Grão de Milho - 2006. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/489376/1/Circ75.pdf>. 2006.

ENSMINGER, M. E.; OLDFIELD, J. E.; HEINEMANN, W. W. **Feed processing**. In: Feeds & nutrition. 2 ed. The ensminger publishing company, Cap. 14, p. 527-552. 1990.

FOX G, MANLEY M. Hardness methods for testing maize kernels. **J Agri Food Chem.**; 57(13):5647-5657. 2009.

FRENCH, D. Organization of starch granules. **Starch chemistry and technology**. 2<sup>nd</sup> ed. New York; London: Academic Press. P. 237-238. 1984.

GARCÍA-LARA, S.; SERNA-SALDIVAR, S. O. Chapter 1 - Corn History and Culture. In: SERNA-SALDIVAR, S. O. (Ed.). Corn (Third Edition). **Oxford: AACC International Press**. p.1-18. ISBN 978-0-12-811971-6. 2019.

GOBETTI, S. T. C. et al., Utilização de silagem de grão úmido na dieta de animais ruminantes. *Ambiência - Revista do Setor de Ciências Agrárias e Ambientais*. Guarapuava (PR) v.9 n.1 p. 225 – 239. 2013.

GONÇALVES LC, BORGES I, FERREIRA PDS. Alimentos para gado de leite. Belo Horizonte: FEPMVZ. 568 p. 2009.

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, n. 3, p. 705-714, Mar. 2005.

HALE, W. H. Influence of processing on the utilization of grains (starch) by ruminants. **Journal of Anim Sci** [on line], 1973; 37 (1):1075-1080 [acesso em 29 maio 2019]. doi:10.2134/jas1973.3741075x. 1973.

HARMON, D. L.; YAMKA, R. M.; ELAM, N. A. Factors affecting intestinal starch digestion in ruminants: a review. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v. 84, n. 3, p. 309-318, 2004.

HARMON, D. L.; YAMKA, R. M.; ELAM, N. A. Factors affecting intestinal starch digestion in ruminants: a review. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v. 84, n. 3, p. 309-318, 2004.

HARMON, D.L. Nutritional regulation of postruminal digestive enzymes in ruminants. **Journal of Dairy Science**, v.76, p.2102-11, 1993.

HOFFMAN PC, ESSER NM, SHAVER RD, COBLENTZ WK, SCOTT AL, SCHMIDT RJ AND CHARLEY RC. Influence of ensiling time and inoculation on alteration of the starch protein matrix in high moisture corn. **J of Dairy Sci**, 2011; 94(5):2465-2474. Disponível em: <http://digitalcommons.unl.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1865&context=usdaarsfacpub>. doi:10.3168/jds.2010-3562. 2011.

HOOVER, R. Composition, molecular structure, and physicochemical properties of tuber and root starches: a review. **Carbohydrate Polymers**, Barking, v. 45, p. 253-267, 2001.

HUNTINGTON, G. B. Starch utilization by ruminants: from basis to bunk. **Journal of Animal Science**, v.75, p. 852, 1997.

JOBIM, C. C.; CECATO, U.; CANTO, M. W. Utilização de silagem de grãos de cereais na alimentação animal. In: Simpósio sobre produção e utilização de forragens conservadas, Maringá. **Anais...** Maringá:CCA/UEM/DZO, 2001. p. 146-176. 2001.

JOBIM, C. C.; REIS, R. A. Produção e utilização de silagem de grãos úmidos de milho. In: MATTOS, W. R. S. (Ed.). **A produção animal na visão dos brasileiros**. Piracicaba: FEALQ. P. 912-927. 2001.

JUNGES, D., MORAIS, G., SPOTO, M.H.F., SANTOS, P.S., ADESOGAN, A. T., NUSSIO, L.G., DANIEL, J.L.P. *Short communication*: Influence of various proteolytic sources during fermentation o reconstituted corn grain silages. **J. Dairy Sci.** 100, 9048-9051. 2017.

KAZAMA, M. M.; ZEOULA, L. M.; PRADO, I. N.; SILVA, D. C.; DUCATTI, T. Características quantitativas e qualitativas da carcaça de novilhas alimentadas com diferentes fontes energéticas em dietas à base de cascas de algodão e de soja. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.2, p.350-357, 2008.

KORTSTEE, A. J.; SUURS, L. C. J. M.; VERMEESCH, A. M. G.; KEETELS, C. J. A. M.; JACOBSEN, E.; VISSER, R. G. F. The influence of an increased degree of branching on the physicochemical proterties of starch from genetically modified potato. **Carbohydrate Polymers**, Barking, v. 37, p. 173-184, 1998.

KOTARSKI, K.K.; WANISHA, R. D.; THURN, K. K. Starch hydrolysis by the ruminal microflora. **Journal of Nutrition**, Philadelphia, v. 122, n. 1, p. 178-190, Jan. 1992.

LAI, L. S.; KOKINI, J. L. Physicochemical changes and rheological properties of starch during extrusion: a review. **Biotechnology Progress**, New York, v. 7, n. 3, p. 251-266, May/June 1991.

LUGÃO, S. M. B. Silagem de Grão Úmido de Milho. In: KIYOTA, Norma et. al., Silagem de Milho na Atividade Leiteira do Sudoeste do Paraná: do manejo de solo e de seus nutrientes a ensilagem de planta inteira e grãos úmidos. Lapa. p. 99-112. 2011.

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

MCALLISTER, T. A. et al. Effect of ruminal microbial colonization on cereal grain digestion. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.70, n.2, p. 571-579, June 1990.

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

MCKINNEY, L. J. Grain processing: particle size reduction methods. In: **CATTLE GRAIN PROCESSING SYMPOSIUM**. Oklahoma. Proceedings... Oklahoma: CGP. P. 42-45. 2006.

MUNHOZ, M. P.; WEBER, F. H.; CHANG, Y. K. Influência de hidrocolóides na textura de gel de amido de milho. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 2, p. 403-406, 2004.

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

OWENS, F. N. Grain processing and starch digestion. In: SIMPÓSIO DE NUTRIÇÃO DE RUMINANTES – SAÚDE DO RÚMEN, 3., 2007. Botucatu. **Anais...** Botucatu: Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. P. 235-242. 2007.

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

OWENS, F.N. et al. The effect of grain source and grain processing on performance of feedlot cattle: a review. **Journal of Animal Science**, Chapaing, v. 75, p. 868-879, 1997.

OWENS, F.N.; SODERLUND, S. Ruminant and post ruminant starch digestion by cattle In: PIONEER HI-BRED, A DUPONT BUSINESS CONFERENCE, 2007, Jonston. **Proceedings...** Jonston, 2007.

OWENS, F.N.; ZINN, R.A.; KIM, Y.K. Limits to starch digestion in the ruminant small intestine. **Journal Animal Science**. V.63, p.1634-48,1986.

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

PAULINO, M. F.; DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S. de C.; LANA, R. de P. Soja Grão e Carço de Algodão em Suplementos Múltiplos para Terminação de Bovinos Mestiços em Pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v 31, n. 1, p. 484-491, 2002.

PEDREIRA e PRIMAVESI, **Aspectos Ambientais na Bovinocultura, Nutrição de Ruminantes**, 2ª ed., Funep, p. 521-534. 2011.

PINTO, A. C. J.; MILLEN, D. D. Situação atual da engorda de bovinos em confinamento e modelos nutricionais em uso. p. 103-120. In: X Simpósio Internacional de Produção de Bovinos de Corte, Viçosa. **Anais...** Viçosa: DZO – UFV. Viçosa. 2016.

PINTO, A. C. J.; MILLEN, D. D. Levantamento em confinamentos brasileiros com base na prática de nutricionistas. p. 30-41. In: 8º Simpósio obre Bovinocultura de Corte, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Esalq-USP. Piracicaba. 2017.

POND WG, CHURCH DC, POND KR. Basic Animal Nutrition and Feeding. 4ª ed. **New York: John Willey and Sons**, p. 353-364. 1995.

ROONEY, L. W. and MILLER, F. R. Variation in the structure and kernel characteristics of sorghum. Pages 143-162 in: **International Symposium on Sorghum Grain Quality**. ICRISAT: Patancheru, India. 1981.

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

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

SANTOS, S. C. **Características nutricionais e físicas do milho com diferentes texturas e tempos de armazenamento**. Goiânia: Escola de Veterinária e Zootecnia (EVZ) - Universidade Federal de Goiás, 2015, 115 f. Tese (Doutorado em Ciência Animal) - Escola de Veterinária e Zootecnia (EVZ) - Universidade Federal de Goiás, 2015.

SINGH, N.; SINGH, J.; KAUR, L.; SODHI, N. S.; GILL, B. S. Morphological, thermal and rheological properties of starches from different botanical sources. **Food Chemistry, Barking**, v. 81, p. 219-231, 2003.

SKASK, J. I. et al. Influence of endosperm vitreousness and kernel moisture at harvest on site and extent of digestion of high-moisture corn by feedlot steers. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.85, n.9, p. 2214-2221, Sept. 2007.

STOCK, R. A. et al. Effects of grain type, roughage level and monensin level on finishing cattle performance. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 68, p. 3441-3455, 1990.

STONE, L. R.; SCHLEGEL, A.J.; GWIN JÚNIOR, R.E.; KHAN, A.H. Response of corn, grain sorghum, and sunflower to irrigation in the High Plains of Kansas. **Agriculture Water Management**, v. 30, n.3, p. 251-259, 1996.

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

TEIXEIRA, R. B. **Dieta de alto grão com milho em confinamento de bovinos**. 2015. Trabalho de Conclusão de Curso - Universidade Federal de São João del-Rei, Sete Lágos, 2015.

TESTER RF, KARKALAS J, QI X. Starch-composition, fine structure and architecture. **Cereal Chem.**; 39(1):151-165. 2015.

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

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

Van Soest P.J. **ecology of the ruminant**. 2.ed. Ithaca: Cornell University Press. 476p. 1994.

VARGAS JUNIOR, FERNANDO MIRANDA DE et al . Influência do processamento do grão de milho na digestibilidade de rações e no desempenho de bezerros. **R. Bras. Zootec.**, Viçosa , v. 37, n. 11, p. 2056-2062, nov. 2008 . Disponível em <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1516-35982008001100023&lng=pt&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-35982008001100023&lng=pt&nrm=iso)>. Acesso em 10 abr. 2017.

VIERSTRA, R.D., 1996. Proteolysis in plants: Mechanisms and functions. *Plant Mol. Biol.* 32, 275-302.

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**, Champaign, v. 80, p. 1145-1156, 2002.

**ARTIGO****RESPOSTAS METABÓLICAS DO PROCESSAMENTO E  
HÍBRIDOS DE MILHO ADICIONADOS EM DIETAS SEM  
VOLUMOSO PARA BOVINOS DE CORTE**

Metabolic responses of processing and corn hybrids added in non-bulking diet for  
beef cattle

## **Respostas metabólicas do processamento e híbridos de milho adicionados em dietas sem volumoso para bovinos de corte**

Metabolic responses of processing and corn hybrids added in non-bulking diet for beef cattle

Débora Gabriela da Mata<sup>1</sup>; Luís Carlos Vinhas Ítavo<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Av. Senador Filinto Müller 2443, Cidade Universitária 79070-900, Campo Grande, MS, Brasil.

**Resumo:** O objetivo foi avaliar os efeitos do tipo de processamento e de diferentes híbridos do grão de milho adicionados a dietas sem volumoso nas respostas metabólicas de bovinos de corte, por meio do consumo e digestibilidade dos nutrientes e os parâmetros ruminais (pH ruminal e nitrogênio amoniacal). Quatro bovinos cruzados, machos castrados, fistulados no rúmen, com peso médio inicial de 502 kg e peso médio final de 600 kg, foram distribuídos em Quadrado Latino 4x4 (4 tratamentos e quatro períodos de 14 dias). Os tratamentos consistiram em dois tipos de híbrido (semi-dentado e “Flint” - duro) e dois tipos de processamento (moído seco ou ensilado com alta umidade) em um esquema fatorial 2x2. As variáveis analisadas foram consumo e digestibilidade dos nutrientes e parâmetros ruminais (pH ruminal e nitrogênio amoniacal). Não houve efeito de híbrido para as variáveis de consumo e digestibilidade. Houve interação significativa entre Híbrido e processamento para CMS, CMO e CPB. Houve efeito de processamento para consumo de amido, pH e amido fecal e digestibilidade do amido. Houve correlação positiva entre a digestibilidade do amido estimada e observada. Para os valores de pH e nitrogênio amoniacal houve significância quanto aos horários de coletas, sendo para o pH o menor valor 08 horas após a alimentação (5,60), e para nitrogênio amoniacal pico de liberação no tempo de 01 hora após a alimentação e o menor valor na coleta de 08 horas. A utilização do milho de alta umidade ensilado, independente do tipo de híbrido indica ser possível trabalhar com dietas sem volumoso como forma alternativa para confinamento de bovinos de corte, onde seu uso favorece uma maior digestibilidade e aproveitamento do amido, independente do tipo de híbrido, o que promove uma maior disponibilização energética deste ingrediente na dieta, podendo levar a um maior desempenho animal.

**Palavras-chave:** : Amido; Consumo; Digestibilidade; Grão Úmido; Moagem.

**Abstract:** The objective of this study was to evaluate the effects of the type of processing and of different corn grain hybrids added to diets without bulk in the metabolic responses of beef cattle, through nutrient intake and digestibility and ruminal parameters (ruminal pH and ammoniacal nitrogen) . Four crossbred, rumen fistulated male crossbreds, with an average initial weight of 502 kg and a final mean weight of 600 kg, were distributed in Quadrado Latino 4x4 (4 treatments and four 14 day periods). The treatments consisted of two types of hybrid (semi-toothed and "Flint" - hard) and two types of processing (dry or silage with high humidity) in a 2x2 factorial scheme. The variables analyzed were nutrient intake and digestibility and ruminal parameters (ruminal pH and ammoniacal nitrogen). There was no hybrid effect for the consumption and digestibility variables. There was significant interaction between Hybrid and processing for CMS, CMO and CPB. There was processing effect for starch consumption, pH and fecal starch and starch digestibility. There was a positive correlation between the estimated and observed starch digestibility. For the values of pH and ammoniacal nitrogen, there was a significant difference in the time of collection, with pH being the lowest value 08 hours after feeding (5.60), and for ammonia nitrogen release peak at the time of 01 hour after feeding and the lowest value in the collection of 08 hours. The use of high silage maize, regardless of the type of hybrid, indicates that it is possible to work with diets with no bulk as an alternative for confinement of beef cattle, where its use favors a higher digestibility and use of the starch, regardless of the type of hybrid, which promotes a greater energetic availability of this ingredient in the diet, which can lead to higher animal performance.

**Key words:** Consumption; Digestibility; Milling; Starch; Wet Grain.

## Introdução

Em sistemas de produção intensiva os animais são desafiados nutricionalmente, principalmente na fase de terminação, onde não é raro o uso de dietas com baixa quantidade de fibra (Galyean e Hubbert, 2012). Porém, estas dietas trazem consigo desafios, pela baixa ou nula quantidade de forragem em sua composição predispondo os animais a desordens metabólicas (Paulino et al., 2010).

Nos confinamentos brasileiros o grão de milho do tipo “flint” (duro) é mais usado (Millen et al., 2009; Oliveira et al., 2014; Pinto et al., 2016), sendo este híbrido propenso a menor digestibilidade do amido quando comparado ao híbrido dentado (Correa et al., 2002).

Embora os híbridos apresentem uma variação na quantidade de amido, suas maiores diferenças estão na vitreosidade (Skask et al., 2007), sendo maior no milho duro, tendo menor degradabilidade do amido, pois no endosperma vítreo os grânulos de amido são compactados dentro da matriz protéica (Corona et al., 2006; Mcallister et al., 2006; Cruz et al., 2011). Nos grãos, o amido é o principal componente energético e pode representar 72% da matéria seca do milho (Antunes e Rodrigues, 2011).

A funcionalidade do amido se deve às macromoléculas, assim como a organização física para formar a estrutura granular (Bello-Pérez et al., 2006), que é composta por polímeros de glicose (amilose e amilopectina), as quais estão ligadas por pontes de hidrogênio (Rooney e Pflugfelder, 1986).

Nos ruminantes a digestão do amido é afetada pelo método de processamento, relação amilose:amilopectina, vitreosidade e presença de matriz protéica, interferindo na quantidade que será fermentada no rúmen ou que chegará ao intestino delgado (Mcallister et al., 2006).

O processamento do grão quebra as barreiras primárias, permite o acesso dos microrganismos ao amido, reduz o tamanho da partícula, aumenta a adesão microbiana e a taxa e extensão da digestão de amido (Owens et al., 1997).

Métodos de processamentos como moagem grosseira e fina são os mais praticados no Brasil (Pinto et al., 2016), porém o uso do milho de alta umidade ensilado e a flocculação tem sido adotados para aumentar o aproveitamento do

amido e disponibilizar mais energia, melhor desempenho e eficiência dos animais (Pinto e Millen, 2017).

Nesse sentido, o objetivo foi avaliar os efeitos do tipo de processamento e de diferentes híbridos do grão de milho adicionados a dietas sem volumoso nas respostas metabólicas de bovinos de corte.

## **Material e Métodos**

Este trabalho está de acordo com os princípios éticos estabelecidos pelo Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal (CONCEA), e aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais/CEUA/UFMS (Protocolo nº805/2016).

O experimento foi realizado na Fazenda Escola da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, entre os meses de agosto e outubro de 2017, e as análises foram realizadas no Laboratório de Nutrição Animal Aplicada da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (FAMEZ/UFMS) em Campo Grande, Brasil.

### ***Animais, delineamento experimental e dietas***

Foram utilizados quatro bovinos cruzados, machos castrados, fistulados no rúmen, com peso médio inicial de 502 kg e peso médio final de 600 kg, distribuídos em Quadrado Latino 4x4 (quatro períodos e quatro tratamentos). Os animais foram vacinados e vermifugados trinta dias antes do início do período experimental e alocados em baias individuais com cobertura, tendo livre acesso a água e alimento. O experimento foi dividido em 04 períodos de 14 dias, sendo 09 dias de adaptação e 05 dias de coletas de amostras, totalizando 56 dias de ensaio.

Foi adotado um período pré-experimental de 15 dias para adaptação dos animais ao manejo, ambiente e a dieta, com escala com três fases de cinco dias cada, onde foi reduzida gradativamente a proporção de volumoso (silagem de milho) e aumentada a de concentrado, cuja fórmula utilizada continha 26% de milho seco moído, 26% de milho de alta umidade ensilado, 16,5% de torta de algodão, 25% de casca de soja e 6,5% de núcleo mineral, expresso % MS. A dieta da primeira etapa de adaptação continha 55%, a segunda 77,5% e a terceira 86,5% de concentrado.

Os tratamentos consistiram no uso de dois híbridos de milho, o RB9110 de

textura semi-dentada e o híbrido Feroz, considerado de textura dura (Tabela 2). Ambos foram provenientes da mesma safra a tratos culturais. Quando os grãos de milho dos híbridos atingiram cerca de 35% umidade (350 g/kg de umidade no campo), em média 105 dias após a semeadura, uma parte foi colhida como milho de alta umidade para ensilagem. Os grãos destinados a ensilagem foram processados após a colheita em moinho com peneira de 06 mm e armazenados em tambores de 200 litros, a abertura dos silos ocorreu após sessenta dias de fermentação.

Os grãos secos foram colhidos com média de 13% de umidade (130 g/kg de umidade), cerca de 30 dias após a colheita do grão de alta umidade, armazenados em sacos de rafia e transportados para o local do experimento, onde foram processados antes do uso em moinho com peneira a 06 mm.

Utilizou um esquema fatorial 2x2, tendo dois tipos de híbridos de milho grão, semi-dentado e duro, dois tipos de processamento, moído seco e ensilado moído com alta umidade, composição conforme tabela 2.

As dietas foram formuladas sem adição de volumoso, segundo BR-CORTE (2016) para ganhos médios de 1,35 kg/dia para bovinos de corte cruzados com aproximadamente 500 kg de peso vivo (PV) e castrados (Tabela 1).

### ***Consumo de nutrientes***

As avaliações de consumo de nutrientes foram determinadas do 11° até o 14° dia de cada período experimental. Os alimentos fornecidos e as sobras foram pesados e amostrados durante todo o experimento para determinação do consumo diário, e foram elaboradas amostras compostas por animal em cada período de avaliação.

As dietas foram fornecidas uma vez ao dia, às 8 horas na quantidade que as sobras fossem mantidas em torno de 50 g/kg do fornecido (Tabela 1). Foram considerados MS, MO, PB, FDN, FDA, Amido e calculados com base na matéria seca através da equação:

$$\text{Consumo (kg/dia)} = \text{kg de nutriente fornecido} - \text{kg de nutriente nas sobras}$$

### ***Digestibilidade aparente***

Para obtenção da digestibilidade aparente utilizou-se o método de coleta total

de fezes e baseou-se na relação entre o alimento consumido e a produção fecal durante 48 horas. Os animais foram monitorados no 12º e 13º dia de cada período e a cada defecação as fezes eram coletadas, 100 g/kg retirado, pesados e armazenado para formar a amostra composta por animal por dia. Os coeficientes de digestibilidade aparente dos nutrientes (MS, MO, PB, FDN e FDA) foram obtidos através da equação:

$$DIG_{ap} \text{ (g/kg)} = ((\text{g nutriente consumido} - \text{g nutriente nas fezes}) / (\text{g nutriente consumido})) \times 1000$$

Para a estimativa da digestibilidade do amido utilizou-se a equação proposta por Owens et al. (2016), onde:  $DIG_{amido} = -0,0102x^2 - 0,3621x + 99,701$  ( $R^2 = 0,97$ ), sendo x a quantidade de amido fecal.

### ***pH ruminal e Nitrogênio amoniacal***

A avaliação do pH ruminal e nitrogênio amoniacal foi realizada no 13º dia de cada período experimental com colheitas de líquido ruminal nos animais fistulados no rúmen. Foram mensurados os valores de pH e nitrogênio amoniacal em nove diferentes tempos, antes da alimentação (0) e 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 e 8 horas após o fornecimento da dieta, utilizando potenciômetro digital com eletrodo inserido diretamente no ambiente ruminal, sem retirada do alimento no momento da análise para pH ruminal.

Para a análise de nitrogênio amoniacal foram coletadas alíquotas de 50 mL de amostra de líquido ruminal e acidificadas com a adição de 1 mL de ácido sulfúrico 1:1, condicionadas em frascos plásticos e congeladas a  $-20^\circ\text{C}$ , para posteriores determinações dos teores de  $\text{N-NH}_3$ . Após degelo das amostras, as concentrações de  $\text{N-NH}_3$  foram determinadas pela destilação de 2 mL de cada amostra com adição de 5 mL de KOH 2N em destilador de nitrogênio. O destilado foi recebido em 10 mL de  $\text{H}_3\text{BO}_3$  2% até volume final de 75 mL, seguido pela titulação com HCl 0,005 N, segundo a técnica descrita por Fenner (1965).

### ***Análises bromatológicas***

As amostras de alimentos fornecidos, sobras e fezes foram secas em estufa de ventilação forçada a  $65^\circ$  por 72 horas, e posteriormente moídas em moinho de

faca tipo “Willey”, com peneira de 01 mm e armazenadas em recipientes plásticos para futuras análises laboratoriais. Procedeu-se às análises químico-bromatológicas no Laboratório de Nutrição Animal Aplicada da FAMEZ/UFMS. As amostras foram submetidas a análises laboratoriais para determinação dos teores de matéria seca (MS, INCT-CA G-003/1), cinzas (INCT-CA M-001/1), nitrogênio total (PB = N-Total x 6,25, INCT-CA N-001/1), fibra em detergente neutro (FDN, INCT-CA F-001/1) fibra em detergente ácido (FDA, INCT-CA F-003/1) segundo técnicas descritas por Detmann et al. (2012). Os teores de matéria orgânica (MO) foram obtidos pela fórmula  $MO = 100 - \text{cinzas}$ . A determinação do teor de fibra em detergente neutro (FDN) foi de acordo com Mertens (2002) usando  $\alpha$ -amylase (Termamyl 120 L®), teor de fibra em detergente ácido (FDA) pelo método de Robertson e Van Soest (1985). O pH das fezes foi determinado após a adição de 100 mL de água destilada deionizada em 15 g de fezes fresca úmida com a introdução da ponta do eletrodo de um potenciômetro digital. As análises de amido fecal foram realizadas pelo ESALQLAB do Departamento de Zootecnia, da ESALQ/USP de Piracicaba-SP.

### **Análises estatísticas**

As análises estatísticas foram realizadas por intermédio do procedimento GLIMMIX, do software SAS (versão 9.4). Utilizou-se modelo matemático conforme descrito abaixo, segundo delineamento em quadrado latino, em arranjo fatorial 2×2:

$$y_{ijkl} = \mu + P_i + A_j + Pr_k + H_l + (Pr \times H)_{kl} + \varepsilon_{ijkl}$$

Em que:  $y_{ijkl}$  = observação ijkl;  $\mu$  = constante geral;  $P_i$  = efeito do período i (aleatório);  $A_j$  = efeito do animal j (aleatório);  $Pr_k$  = efeito do processamento k (fixo);  $H_l$  = efeito do híbrido l (fixo);  $(Pr \times H)_{kl}$  = efeito de interação entre processamento k e híbrido l (fixo);  $\varepsilon_{ijkl}$  = erro aleatório não observável, pressuposto NID (0;  $\sigma^2$ ).

Para todos os procedimentos estatísticos, tomou-se 0,05 como nível crítico de probabilidade de ocorrência do erro tipo I. Para o caso das interações significativas, realizou-se o desdobramento das mesmas por meio do comando *slice*, sendo as diferenças apontadas pelo teste F de Fisher.

Para as variáveis pH e nitrogênio amoniacal ruminais, além dos efeitos demonstrados no modelo, incluiu-se os efeitos de tempo e interação tempo × tratamento, conforme arranjo em medidas repetidas. Para escolha da mais

adequada estrutura de (co) variâncias dos erros, utilizou-se o menor valor de critério de informação de Akaike, obtido na análise de cada variável.

## **Resultados**

### ***Consumo de nutrientes***

Houve interação ( $P < 0,05$ ) para o híbrido tipo duro seco moído que apresentou o maior consumo (11,59 kg/dia) (Figura 1) e diferença significativa para PB, MO e Amido. Não houve efeito ( $P > 0,05$ ) da interação entre os demais processamentos e tipos de híbridos, sendo semelhante em quase todas as situações.

O consumo dos nutrientes não apresentou diferenças significativas ( $P > 0,05$ ) quanto ao tipo do híbrido utilizado e tipo de processamento, tendo efeito apenas para o amido (Tabela 3). A média do consumo de matéria seca (CMS) foi de 10,72 kg/dia que corresponde a 19,81 g/kg de peso corporal (PC). O CMS nos tratamentos com grão de milho moído e ensilado foi de 20,15 g/kg PC e de 19,46 g/kg PC, respectivamente.

### ***Digestibilidade aparente***

Houve interação ( $P < 0,05$ ) entre o tipo de processamento e híbrido para PB, sendo que na interação milho duro seco moído apresentou o menor valor de digestibilidade em relação aos demais, onde considerando o processamento de moagem o benefício na digestibilidade foi estatisticamente menor quando comparado ao híbrido semi-dentado e aos tratamentos úmidos independente do híbrido utilizado. Os nutrientes MO, FDN e FDA não apresentaram diferenças significativas ( $P > 0,05$ ) quanto à digestibilidade aparente total (Tabela 3).

A digestibilidade aparente do amido não foi alterada pelo tipo de híbrido ( $P > 0,05$ ), no entanto foi altamente influenciado pelo método de processamento, onde o seco moído obteve 889,515 g/kg e milho de alta umidade ensilado 960,440 g/kg.

O uso do milho de alta umidade ensilado permitiu obter melhor digestibilidade do amido independentemente do tipo de híbrido. A melhor digestibilidade do amido ficou evidenciada nas características fecais, sendo demonstrados nas análises de amido e pH fecal (Tabela 3).

### ***pH ruminal***

Não houve interação ( $P>0,05$ ) entre os métodos de processamentos e os tipos de híbridos de milho utilizados sobre o pH ruminal (Tabela 4). Entretanto, ocorreram variações entre os tempos de coleta após o fornecimento e consumo dos tratamentos (Figura 2), sendo que o pH médio foi de 5,72 e o menor valor (5,60) foi obtido 8 horas após o fornecimento das dietas, contudo entre as 4 e 8 horas de coleta os valores obtidos já demonstraram estabilidade.

### ***Nitrogênio amoniacal***

Não houve interação ( $P>0,05$ ) entre os processamentos e tipos de híbridos sobre o nitrogênio amoniacal, sendo observada diferença significativa ( $P<0,05$ ) para os horários de coleta (Tabela 5), tendo o pico de nitrogênio amoniacal no tempo de 01 hora após a alimentação e o menor valor na coleta de 08 horas pós-prandial (Figura 3).

## **Discussão**

### ***Consumo de nutrientes***

Houve interação entre o processamento moído e grão duro, o qual apresentou o maior consumo (11,59 kg/dia).

Segundo Owens et al. (2005), as características físicas e químicas do grão podem alterar sua digestibilidade e aceitabilidade, onde neste caso o maior consumo do híbrido de grão duro e moído pode estar relacionado ao fato deste híbrido possuir maior endosperma vítreo, o que dificulta a ação dos microorganismos ruminais e reduz sua fermentação e densidade energética pela menor digestibilidade do amido (Tabela 3). Estes fatos podem impactar em menor controle metabólico do consumo, fazendo com que o animal tenha uma maior ingestão de dieta para se saciar. O que poderia justificar o efeito do processamento referente ao amido, uma vez que em função do maior consumo em matéria seca, logo haverá maior ingestão de amido.

De acordo com vários autores (Owens et al. 1997; Zinn et al. 2002; Costa et al., 2002; Oba et al., 2003; Bradford et al., 2007; Silva et al. 2007), quando os grãos

são intensivamente processados, ou quando os mesmos apresentam maior quantidade de amido degradável no rúmen, ocorre menor CMS, principalmente quando os grãos são incluídos em elevado nível na dieta.

Não foi verificado efeito quanto ao processamento do milho assim, de acordo com Van Soest (1994) dietas com alto teor de concentrado são mais densas energeticamente e mesmo consumindo um volume menor de alimento, as densidades energéticas das dietas geram uma sensação de saciedade pelo animal. Henrique et al. (2007), que utilizaram dietas com alto teor de concentrado (80:20 e 88:12) e observaram CMS de 8,0 kg/dia e 2,21%PC também não detectaram efeitos do processamento do milho, independente do volumoso utilizado (silagem de milho ou bagaço de cana), onde a dieta com silagem de grão úmido de milho não diferiu daquela com milho seco moído.

Segundo Persichetti Júnior et al. (2014), que realizaram a substituição parcial e total de milho seco moído por milho de alta umidade ensilado, não observaram o efeito do nível de substituição nos consumos de MS, FDN e Amido, resultados compatíveis com os apresentados na Tabela 3.

Os resultados observados para as dietas com milho seco moído (20,15 g/kg PC) e milho de alta umidade ensilado (19,46 g/kg PC) são similares aos encontrados por Silva et al. (2007), que utilizando dieta com milho seco moído observaram consumo de 21,60 g/kg PC e de 18,30 g/kg PC para dieta com milho de alta umidade ensilado.

### ***Digestibilidade aparente***

Houve interação ( $P < 0,05$ ) entre híbrido e processamento para a digestibilidade da PB (Tabela 3), o híbrido semi-dentado moído apresentou o menor valor de digestibilidade (814,14 g/kg). Godoi (2017) verificou que a intensificação do processamento dos grãos de milho favorece o aumento da digestibilidade dos nutrientes e Persichetti Júnior et al. (2014), substituindo o milho seco moído por silagem de milho grão úmido não obteve efeito sobre a digestibilidade aparente da MS, PB, FDN e FDA.

O teor de amido fecal é comumente usado para estimar a digestão total do amido do trato e, portanto, valor alimentar do milho (Zinn et al., 2002; Fredin et al., 2014).

O milho de alta umidade ensilado apresentou valores de digestibilidade do amido superiores ( $P < 0,05$ ) ao milho seco moído independente do tipo de híbrido (Tabela 3). Supõe-se que tenha sido evidenciado por conta dos benefícios do processamento em aumentar a disponibilidade e digestibilidade do amido, conseqüentemente elevando o valor energético do ingrediente e das dietas. Outro fator que se deve levar em consideração é a questão da fragmentação úmida do grão, sendo que com umidade acima de 30% pode contribuir para a maior exposição dos grânulos de amido que quando associado com o aumento da temperatura e queda do pH oriundo da fermentação anaeróbica da silagem colaborou na aceleração do processo de digestão do amido.

Dados de digestibilidade do amido semelhantes (Tabela 3) foram observados em outros experimentos, como os valores que variam entre 860 e 900 g/kg citados por Borges et al. (2008) e também por Gonçalves et al. (2010), de 935.8 g/kg a 967.1 g/kg por Passini et al. (2003) e entre 960 e 980 g/kg para dietas com cerca de 400 g/kg de amido por Owens et al. (2016).

A maior digestibilidade do amido ficou evidenciada nas análises de amido e pH fecal, já que fezes com maiores presenças de amido podem apresentar valores de pH menores (Tabela 3). Wheeler e Noller (1977) e Degregório et al. (1982) demonstraram que o uso de pH fecal pode ser um indicativo da quantidade de amido das fezes, já que este fato está relacionado a uma maior quantidade de amido que chega ao intestino grosso, em conseqüência de uma menor digestibilidade total do amido e a uma maior fermentação a nível de intestino grosso, aumentando o grau de acidez das fezes. Silva et al. (2012) trabalhando com diferentes dietas sem volumosos e consumo médio de 3 kg de amido, encontraram 22.7 e 28.5% de amido fecal e pH de 7.15 e 6.74, respectivamente.

Estes valores de pH são superiores aos encontrados no presente trabalho (Tabela 3) e uma possível explicação pode ser devido a maior ingestão de amido (4 kg) nas dietas utilizadas e conseqüentemente uma maior quantidade chegando ao intestino grosso e nas fezes.

### ***pH ruminal***

Não houve interação ( $P > 0.05$ ) entre os métodos de processamentos e os tipos de híbridos de grãos de milhos utilizados sobre o pH ruminal (Tabela 4),

indicando que os fatores (híbrido e processamento) de forma isolada não influenciaram a variação do pH ruminal ao longo dos períodos de coleta. Entretanto ocorreu variações entre os tempos de coleta após o fornecimento e consumo das dietas (Figura 2), sendo o pH médio de 5.72 e o menor valor na coleta de 04 a 08 horas (5.60) após o fornecimento das dietas.

Dietas contendo grandes quantidades de amido podem diminuir o pH ruminal devido a maior quantidade de ácido graxo volátil e ácido lático (McLaughlin et al., 2009), outro fator que está ligado diretamente ao uso de dietas com alta quantidade de grãos é a ocorrência de laminitis, o qual os animais deste experimento não apresentam essa enfermidade.

O pH ruminal ácido nem sempre causa problemas para os bovinos e critérios adicionais devem ser incluídos nas avaliações. Estes critérios focam no potencial do pH ruminal ácido em induzir um aumento na concentração de antígeno no rúmen, comprometer a função da barreira epitelial ruminal e causar uma concentração aumentada para os indicadores de uma resposta do sistema imune (Khafipour et al., 2009).

Utilizando o desafio onde a relação concentrado:volumoso rapidamente aumenta, Gozho et al. (2006) demonstraram que a concentração de lipopolissacarídeos no fluido ruminal subiu com a concentração crescente de grãos na dieta e que tais respostas também levaram a uma redução do pH ruminal e um aumento nas proteínas (anticorpos) da fase aguda no sangue. Os autores sugeriram também que o aumento nas concentrações de proteínas da fase aguda não ocorreram até o pH ficar abaixo de 5.6 por mais de 3 horas/dia. Estes valores de pH e tempo de permanência não ocorreram (Figura 2), sugerindo que os valores provavelmente não acarretaram em problemas para os animais.

Da mesma forma, Passini et al. (2003) utilizando dietas com 50% de milho de alta umidade ensilado e 20% de volumoso encontraram também diferença entre os tempos de coleta para os valores de pH ruminal e observaram o menor valor de pH na coleta de 08 horas (5.90).

Na avaliação do efeito de dietas contendo fontes de amido de alta e baixa degradabilidade ruminal não foi observado alterações significativas no pH ruminal, porém apresentou variações nos diferentes tempos de coleta do conteúdo ruminal obtendo menor valor (6.2) 4.6 horas após a alimentação (Fregadolli et al., 2001),

enquanto Vieira et al. (2017) encontraram menor valor (6.47) obtido 4.38 horas após o fornecimento das dietas. Os valores de pH ruminal (Tabela 4) podem estar relacionados a ausência de volumoso na dieta, já que estes normalmente proporcionam ambiente ruminal com pH considerado dentro da faixa adequada.

Valores de pH entre 5.8 a 5.5 são considerados como acidose sub-aguda, faixa esta que normalmente prejudica a digestibilidade da FDN proveniente de forragens. No entanto, esse aspecto é menos importante para bovinos de corte confinados recebendo dietas com alto teor de concentrado, pois estes normalmente apresentam baixa dependência da energia proveniente da fermentação da porção fibrosa de alimentos volumosos da dieta (Penner, 2017).

### ***Nitrogênio amoniacal***

Não houve interação ( $P>0,05$ ) entre os processamentos, tipos de híbridos e tempo de coleta, apenas havendo diferença significativa ( $P<0,05$ ) apenas para os horários de coleta (Tabela 5), fato esperado, uma vez que após o tempo 0 (antes da alimentação), os animais tiveram livre acesso a dieta em todos os demais horários (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 e 8 horas pós alimentação), tendo o pico de liberação de nitrogênio amoniacal no tempo de 01 hora após a alimentação e o menor valor na coleta de 08 horas (Figura 3), correspondendo provavelmente a utilização pelos microrganismos. A partir dos resultados supõe-se que estas dietas sem volumosos não influenciaram de forma negativa o ambiente ruminal a ponto de prejudicar o crescimento e a síntese microbiana.

Satter e Slyter (1974) citaram que é necessário manter concentrações acima de 5 mg/dL de N-NH<sub>3</sub> para suprir as necessidades para o crescimento da população microbiana e de acordo com Hoover (1986) a faixa ideal de concentração de nitrogênio amoniacal está entre 3,3 e 21,5 mg/dL, demonstrando que é muito variável a concentração de nitrogênio amoniacal para maximizar a síntese de proteína microbiana. Os valores encontrados (Figura 3) estão dentro dessa faixa citada como ideal.

### **Conclusões**

A utilização do milho de alta umidade ensilado, independente do tipo de

híbrido indica ser possível trabalhar com dietas sem volumoso como forma alternativa para confinamento de bovinos de corte, onde seu uso favorece uma maior digestibilidade e aproveitamento do amido, o que promove uma maior disponibilização energética deste ingrediente na dieta, podendo levar a uma melhor eficiência alimentar e/ou melhor, desempenho animal.

## Referências

- Antunes, R. C.; Rodriguez, N. M.; Saliba, E. O. S. 2011. Metabolismo de carboidratos não estruturais. In: \_\_\_\_\_. Nutrição de ruminantes. Jaboticabal: FUNEP. p. 239-263.
- Bello-pérez, L. A.; Montealvo, M. G. M.; Acevedo, E. A. Almidón: definición, estructura y propiedades. 2006. In: LAJOLO, F. M.; MENEZES, E. W. Carbohidratos em alimentos regionales iberoamericano. São Paulo: Edusp. Cap. 1, p. 17-46.
- Borges, L. F. D. O.; Passini, R.; Meyer, P. M.; Rodrigues, P. H. M. 2008. Efeitos da enramicina e monensina sódica sobre a digestão de nutrientes em bovinos alimentados com dieta contendo alto nível de concentrados. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 37:674-680.
- Bradford, B. J.; Allen, M. S. 2007. Depression in feed intake by a highly fermentable diet is related to plasma insulin concentration and insulin response to glucose infusion. *Journal of Dairy Science*, 90:3838–384.
- Corona, L.; Owens, F. N.; Zinn, R. A. 2006. Impact of corn vitreousness and processing on site and extent of digestion by feedlot cattle. *Journal of animal science*, 84:3020-3031.
- Correa, C.E.S.; Shaver, R.D.; Pereira, M.N.; Laver, J.G.; Kohn, K. 2002. Relationship between corn vitreousness and ruminal in situ starch degradability. *Journal of Dairy Science*, Champaign, 85:308-312.
- Costa, C.; de Beni Arrigoni, M.; Silveira, A. C.; de Oliveira, H. N. 2002. Desempenho de bovinos superprecoces alimentados com silagem de milho ou feno de aveia e grãos de milho ensilados ou secos. *Acta Scientiarum*, 24:1175-1183.
- Cruz, J. C.; Pereira Filho, I.A.; Silva, G.H. 2011. Mais de 170 cultivares transgênicas são disponibilizadas no mercado de sementes do Brasil para a safra 2011/12. APPS - Associação Paulista dos Produtores de Sementes e Mudas, São José Rio Preto, 4.
- Degregório, R. M.; Tucker, R. E.; Mitchell, G. E. JR.; Gill, W. W. 1982. Carbohydrate fermentation in the large intestine of lambs. *Journal of Animal Science*, Savoy, 54:855-862.
- Detmann, E.; Souza, M.A.; Valadares Filho, S.C.; Queiroz, A.C.; Berchielli, T.T.; Saliba, E.O.S.; Cabral, L.S.; Pina, D.S.; Ladeira, M.M.; Azevedo, J.A.G. 2012. Métodos para análise de alimentos - INCT - Ciência Animal. Visconde do Rio Branco: Suprema. 214p.
- Fenner, H. 1965. Methods for determining total volatile bases in rumen fluid by steam distillation. *Journal of Dairy Science*, Champaign, 48:249-251.
- Fredin, S.M., Ferraretto, L.F., Akins, M.S., Hoffman, P.C., Shaver, R.D., 2014. Fecal starch as an indicator of total-tract starch digestibility by lactating dairy cows. *J. Anim. Sci.* 97, 1862-1871. doi:10.3168/jds.2013-7395

- Fregadolli, F. L. ; Zeoula, A. F. ;Caldas Neto, S. F. ;Guimarães, K. C. ; Kassies, M. P. Dalponte A. O. 2001. Efeito das fontes de amido e nitrogênio de diferentes degradabilidade ruminais. 2. pH, concentração de amônia no líquido ruminal e eficiência de síntese microbiana. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 30(3):870-879.
- Galyean, M.L., and M.E. Hubbert. 2012. Traditional and alternative sources of fiber – roughage values, effectiveness, and concentrations in starting and finishing diets. In: 2012 Plains Nutrition Council Spring Conference. p.74-97.
- Godoi, L. A. 2017. Avaliação nutricional em bovinos Nelore alimentados com dietas contendo alta concentração de amido. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- Gonçalves, J. R. S.; Pires, A. V.; Susin, I.; Lima, L. G. D.; Mendes, C. Q.; Ferreira, E. M. 2010. Substituição do grão de milho pelo grão de milheto em dietas contendo silagem de milho ou silagem de capim-elefante na alimentação de bovinos de corte. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 39:2032-2039.
- Gozho, G. N., Krause, D. O. and Plaizier, J. C. 2006. Rumen lipopolysaccharide and inflammation during grain adaptation and subacute ruminal acidosis in steers. *Journal Dairy Science*. 89:4404-4413.
- Greenough, P.R. et al. 1990. Laminitis-like changes in the claws of feedlot cattle. **Canadian Veterinary Journal**, Ottawa, v. 31, n. 3, p. 202-208.
- Henrique, W.; Beltrame Filho, J. A.; Leme, P. R.; Lanna, D. P. D.; Alleoni, G. F.; Coutinho Filho, J. L. V.; Sampaio, A. A. M. 2007. Avaliação da silagem de grãos de milho úmido com diferentes volumosos para tourinhos em terminação: desempenho e características de carcaça. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 36(1), 183-190.
- Hoover, W.H. 1986. Chemical factors involved in ruminal fiber digestion. *Journal of Animal Science*, 69:2755-2766.
- Khafipour, E., Krause, D. O. and Plaizier, J. C. 2009. Alfalfa pellet-induced subacute ruminal acidosis in dairy cows increases bacterial endotoxin in the rumen without causing inflammation. *Journal Dairy Science*. 92:1712-1724.
- Mcallister, T. A.; Gibb, D.J.; Beauchemin, K. A.; Wang, Y. 2006. Starch type, structure and ruminal digestion. In: CATTLE GRAIN PROCESSING SYMPOSIUM. Tulsa, Proceedings... Tulsa: Oklahoma State University. P. 30-41.
- McLaughlin, C.L., Thompson, A., Greenwood, K., Sherington, J., Bruce, C., 2009. Effect of acarbose on acute acidosis. *J. Dairy Sci.* 92, 2758-2766. doi: 10.3168/jds.2008-1602
- Mertens, D. R. 2002. Gravimetric determination of amylase-treated neutral detergent fiber in feeds with refluxing in beaker or crucibles: collaborative study. *Journal of AOAC International*, 85:1217-1240.
- Millen, D. D.; Pacheco, R. D. L.; Arrigoni, M. D. B.; Galyean, M. L.; Vasconcelos, J. T. 2009. A snapshot of management practices and nutritional recommendations used by feedlot nutritionists in Brazil. *Journal of Animal Science*, 87:3427-3439.
- Oba, M.; Allen, M. S. 2003. Effects of Corn Grain Conservation Method on Feeding Behavior and Productivity of Lactating Dairy Cows at Two Dietary Starch Concentrations. *Journal of Dairy Science*, 86:174-183.
- Oliveira, C. A.; Millen, D. D. 2014. Survey of the nutritional recommendations and management practices adopted by feedlot cattle nutritionists in Brazil. *Animal Feed Science and Technology*, 197:64-75.
- Owens, C. E.; Zinn, R. A.; Hassen, A.; Owens, F. N. 2016. Mathematical linkage of total-tract digestion of starch and neutral detergent fiber to their fecal

- concentrations and the effect of site of starch digestion on extent of digestion and energetic efficiency of cattle. *The Professional Animal Scientist* 32: 531-549.
- Owens, F. 2005. Corn grain processing and digestion. In: 66th Minnesota Nutrition Conf., 2009.
- Owens, F.N., Secrist, D.S., Jeff Hill, W., Gill, D.R., 1997. The effect of grain source and grain processing on performance of feedlot cattle: A review. *J. Anim. Sci.* 75, 868-879. doi:10.2527/1997.753868x
- Owens, F. N.; Zinn, R. A.; Kim, Y. K. 1986. Limits to starch digestion in the ruminant small intestine. *Journal of Animal Science*, Savoy, 63:1634-1648.
- Passini, R.; Rodrigues, P.H.M.; Castro, A.L. et al. 2003. Parâmetros de fermentação ruminal em bovinos alimentados com grãos de milho ou sorgo de alta umidade. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 32:1266-1274.
- Paulino, P.V.R., J.C.F. Carvalho, R.C. Cervieri, P. Terêncio, e A. VARGAS. 2010. Estratégias de adaptação de bovinos de corte às rações com teores elevados de concentrado. In: IV CLANA – IV Congresso Latino-Americano de Nutrição Animal. Anais... p.351-362.
- Penner, G. B. 2017. Acidose Ruminal em Bovinos Confinados. p.30-41. In: 8° Simpósio sobre Bovinocultura de Corte. Anais... Piracicaba: ESALQ-USP. Piracicaba
- Persichetti Júnior, P.; Almeida Júnior, G.A.; Costa, C.; Meirelles, P.R.L.; Silveira, J.P.F.; Panichi, A.; Silva, M.G.B.; Factori, M. A.; Cavasano, F.A.; Mendonça, S.A. 2014. Nutritional value of high moisture corn silage in the diet of Holstein cows. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, vol.66, n. 5, ISSN 0102-0935.
- Pinto, A.C.J.; Millen, D.D. 2017. Levantamento em confinamentos brasileiros com base na prática de nutricionistas. P.30-41 In: 8° Simpósio sobre Bovinocultura de Corte, Piracicaba. Anais... Piracicaba: ESALQ-USP. Piracicaba.
- Pinto, A.C.J.; Millen, D.D. 2016. Situação atual da engorda de bovinos em confinamento e modelos nutricionais em uso. P.103-120. In: X Simpósio Internacional de Produção de Bovinos de Corte, Viçosa. Anais... Viçosa: DZO-UFV. Viçosa.
- Robertson, J. B. and Van Soest, P. J. 1985. Analysis of forages and fibrous foods - a laboratory manual for animal science. Ithaca.
- Rooney, L.W.; Pflugfelder, R. L. 1986. Factors affecting starch digestibility with special emphasis on sorghum and corn. *Journal of Animal Science*, Albany, 63:1607-1623.
- Satter, L.; Slyter, L.L. 1974. Effect of ammonia concentration on rumen microbial protein production in vitro. *British Journal Nutrition*, 32:199-208.
- Silva, H. L.; Franca, A. F. de S.; Ferreira, F. G. C.; Fernandes, E. D.; Landin, A.; Carvalho, E. R. 2012. Indicadores fecais de bovinos nelore alimentados com dietas de alta proporção de concentrado. *Ciência Animal Brasileira*. Goiânia, 13:145-156.
- Silva, S. L.; Leme, P. R.; Putrino, S. M.; Valinote, A. C.; Filho, J. C. M. N.; LANNA, D. P. D. 2007. Milho grão seco ou úmido com sais de cálcio de ácidos graxos para novilhos Nelore em confinamento. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, 36:1426-1434.
- Skask, J. I. et al. 2007. Influence of endosperm vitreousness and kernel moisture at harvest on site and extent of digestion of high-moisture corn by feedlot steers. *Journal of Animal Science*, Champaign, 85: 2214-2221.

- Van Soest, P.J. 1994. Nutritional ecology of the ruminant. 2.ed. Ithaca: Cornell Univ. Press, 1994. 476 p.
- Vieira, P. A. S.; Azevêdo, J. A. G.; Silva, F. F.; Pereira, L. G. R.; Neves, A. L. A.; Santos, A. B.; Souza L. L.; Santos, R. D. 2017. Parâmetros ruminais e balanço de nitrogênio em bovinos alimentados com silagem de da raiz de mandioca. *Pesquisa Veterinária Brasileira*. 37(8):883-890.
- Wheeler, W. E.; Noller, C. H. 1977. Gastrointestinal tract pH and starch in feces of ruminants. *Journal of Animal Science*, Savoy, 44:131-135.
- Zinn, R.A., Owens, F.N., Ware, R.A., 2002. Flaking corn: processing mechanics, quality standards, and impacts on energy availability and performance of feedlot cattle. *J. Anim. Sci.* 80,1145-1156. doi:/2002.8051145x

**Tabela 1 – Dietas experimentais (Base MS)**

	Semi-dentado		Duro	
	Moído <sup>1</sup>	Ensilado	Moído	Ensilado <sup>2</sup>
Silagem de Grão Úmido	-	52,5	-	52,5
Milho Seco Moído	52,5	-	52,5	-
Núcleo Mineral <sup>3</sup>	5,0	5,0	5,0	5,0
Casca de Soja	28,0	28,0	28,0	28,0
Torta de Algodão	14,5	14,5	14,5	14,5
<b>Composição</b>				
Matéria Seca (g/kg)	894,62	771,83	894,62	771,83
Proteína Bruta (g/kg MS)	151,73	156,45	151,73	156,45
Extrato Etéreo (g/kg MS)	41,27	40,74	41,27	40,74
Amido (g/kg MS)	360,49	38,17	360,49	381,75
FDN (g/kg MS)	302,34	273,15	302,34	273,15
FDA (g/kg MS)	176,29	179,20	176,29	179,20

<sup>3</sup>Composição Núcleo Mineral = Proteína Bruta: 550 g/kg; NNP Eq. Protéico (Máx): 482,22 g/kg;

Cálcio (Max): 135 g/kg; Fósforo:6,5 g/kg; Sódio:30 g/kg; Monensina: 600 mg/kg

<sup>1</sup> Milho Seco Moído

<sup>2</sup> Milho de Alta Umidade Ensilado

**Tabela 2. Composição bromatológica dos híbridos em cada processamento**

	Semi-dentado		Duro	
	Moído <sup>1</sup>	Ensilado <sup>2</sup>	Moído	Ensilado
<b>Composição</b>				
Umidade (g/kg)	118,40	336,50	125,00	342,18
Matéria Seca (g/kg)	881,60	663,50	875,00	657,83
Proteína Bruta (g/kg MS)	88,80	87,30	80,80	80,90
Extrato Etéreo (g/kg MS)	48,90	25,18	52,70	28,95
Amido (g/kg MS)	695,80	728,67	691,40	706,50
FDN (g/kg MS)	128,30	44,35	117,30	48,98
FDA (g/kg MS)	25,10	14,30	26,70	14,78

<sup>1</sup> Milho Seco Moído

<sup>2</sup> Milho de Alta Umidade Ensilado

**Tabela 3 – Média de Consumo, digestibilidade aparente de nutrientes e características fecais de bovinos de corte recebendo dietas sem volumoso (forragens) à base de milho e dois tipos de processamento e híbridos.**

	Semi-dentado		Duro		EPM	P-value		
	Moído <sup>1</sup>	Ensilado	Moído	Ensilado <sup>2</sup>		Híbrido	Processamento	Interação
<b>Consumo</b>								
Matéria seca (kg/dia)	10,21 <sup>b</sup>	10,66 <sup>b</sup>	11,59 <sup>a</sup>	10,42 <sup>b</sup>	0,920	0,134	0,314	0,048
Matéria seca (g/kg PV)	18,92	19,66	21,38	19,27	0,166	0,192	0,519	0,060
Matéria orgânica (kg/dia)	9,71	10,10	11,04	9,87	0,873	0,114	0,238	0,040
Proteína bruta (kg/dia)	1,62	1,72	1,86	1,64	0,146	0,216	0,337	0,031
Fibra em detergente neutro (kg/dia)	2,82	3,01	3,20	2,86	0,256	0,320	0,523	0,056
Fibra em detergente ácido (kg/dia)	1,86	1,98	2,11	1,88	0,168	0,350	0,445	0,057
Amido (kg/dia)	4,27	4,35	4,87	4,10	0,422	0,371	0,010	0,052
<b>Características fecais</b>								
Amido fecal (g/kg)	195,25	91,50	201,25	71,50	1,889	0,353	0,001	0,103
pH fecal	6,28	6,38	6,27	6,43	0,053	0,747	0,038	0,551
<b>Digestibilidade aparente (g/kg)</b>								
Matéria seca	784,35	844,04	822,37	789,35	15,933	0,694	0,532	0,050
Matéria orgânica	796,86	852,26	829,58	801,72	24,178	0,685	0,534	0,093
Proteína bruta	814,14	859,29	853,35	824,97	19,181	0,864	0,568	0,026
Fibra em detergente neutro	655,42	736,44	706,47	635,48	48,956	0,574	0,909	0,120
Fibra em detergente ácido	685,57	772,22	741,11	662,70	48,334	0,540	0,924	0,083
Amido	899,73	963,16	911,00	961,80	12,777	0,717	0,002	0,645
Amido estimada <sup>1</sup>	887,32	955,02	891,71	965,86	7,388	0,324	0,0001	0,668

Estimativa da Digestibilidade aparente do Amido<sup>1</sup> (Owens et al., 2016) =  $-0,0102x^2 - 0,3621x + 99,701$  ( $R^2 = 0,97$ )

<sup>1</sup> Milho Grão Seco Moído

<sup>2</sup> Milho de Alta Umidade Ensilado

**Tabela 4** – Média de *pH* ruminal de bovinos alimentados com dietas sem volumoso, variando o método de processamento, o tipo de híbrido de milho e os horários de coleta.

Tempo Pós-Prandial (horas)	Semi-dentado		Duro		EPM	P-value		
	Moído	Ensilado <sup>1</sup>	Moído <sup>2</sup>	Ensilado		Híbrido	Processamento	Interação
0	5,68	6,17	5,87	5,97	0,208	0,707	0,015	0,062
1	5,74	6,12	5,86	5,86	0,088	0,690	0,074	0,072
2	5,53	5,82	5,64	5,72	0,076	0,992	0,179	0,437
3	5,71	5,90	5,76	5,80	0,077	0,909	0,300	0,455
4	5,40	5,70	5,64	5,68	0,093	0,438	0,279	0,380
5	5,57	5,61	5,78	5,68	0,120	0,445	0,965	0,655
6	5,62	5,66	5,56	5,69	0,112	0,915	0,504	0,958
7	5,60	5,85	5,52	5,68	0,109	0,626	0,115	0,529
8	5,63	5,69	5,55	5,54	0,085	0,552	0,585	0,559
Média	5,55	5,83	5,68	5,73	0,026	0,732	0,001	0,012
EPM	0,1547	0,1398	0,1398	0,1398				
P – Linear	0,521	0,001	0,033	0,110				
P – Quadrático	0,302	0,010	0,900	0,742				

$$^1Y = 6,19991 - 0,179755*\text{tempo} + 0,0155736*\text{tempo}^2 \quad (R^2 = 0,81)$$

$$^2Y = 5,84939 - 0,0411667*\text{tempo} \quad (R^2 = 0,69)$$

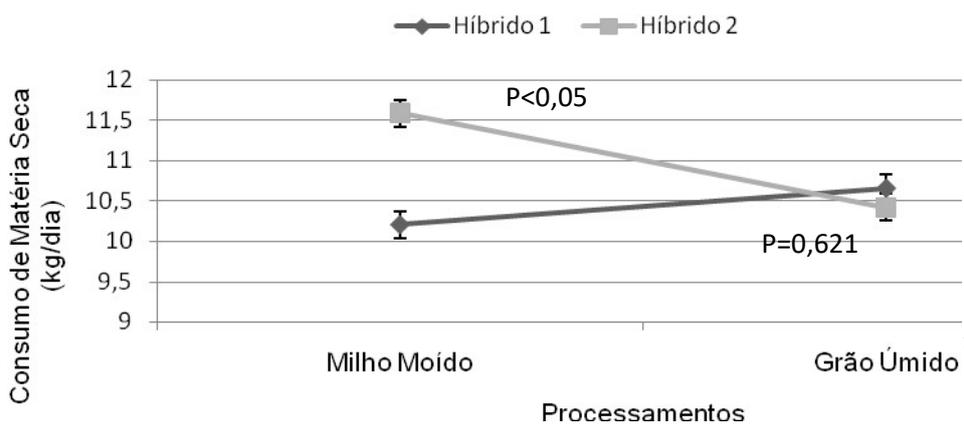
**Tabela 5 – Média de Nitrogênio amoniacal do líquido ruminal de bovinos alimentados com dietas sem volumoso, variando o método de processamento, o tipo de híbrido de milho e os horários de coleta.**

Horas	Semi-dentado		Duro		EPM	P-value		
	Moído <sup>1</sup>	Ensilado	Moído	Ensilado <sup>2</sup>		Híbrido	Processamento	Interação
0	12,931	23,250	9,105	8,336	4,366	0,189	0,485	0,420
1	29,535	22,133	21,594	27,458	2,886	0,778	0,869	0,177
2	26,287	14,443	17,496	21,479	3,353	0,878	0,499	0,191
3	21,377	14,375	17,853	19,692	4,166	0,912	0,752	0,590
4	20,269	11,020	19,216	19,925	3,452	0,538	0,505	0,439
5	32,058	13,772	21,361	24,244	4,688	0,992	0,251	0,127
6	22,692	15,292	16,953	20,656	3,257	0,965	0,637	0,179
7	15,320	12,672	14,948	16,031	2,481	0,716	0,848	0,650
8	13,263	10,846	12,685	12,494	2,226	0,880	0,716	0,727
Média	21,53a	15,31b	16,80a	18,92a	3,431	0,754	0,249	0,020
EPM	2,3282	2,6396	1,9568	1,9672				
P – Linear	0,1285	0,1037	0,9388	0,6988				
P – Quadrático	0,0150	0,4068	0,1138	0,0281				

EPM=Erro padrão da média,

<sup>1</sup>NNH<sub>3H1Moído</sub> = 17,1659 + 4,77806\*hora - 0,717720\*hora<sup>2</sup> (R<sup>2</sup>=0.48) (Ponto de máximo – 3 horas e 20 minutos – 25,12 mg/dL de nnh<sub>3</sub>)

<sup>2</sup>NNH<sub>3H2Úmido</sub> = 13,8988 + 4,90425\*hora - 0,643757\*hora<sup>2</sup> (R<sup>2</sup>=0.48) (Ponto de máximo – 3 horas e 49 minutos – 23,24 mg/dL de nnh<sub>3</sub>)



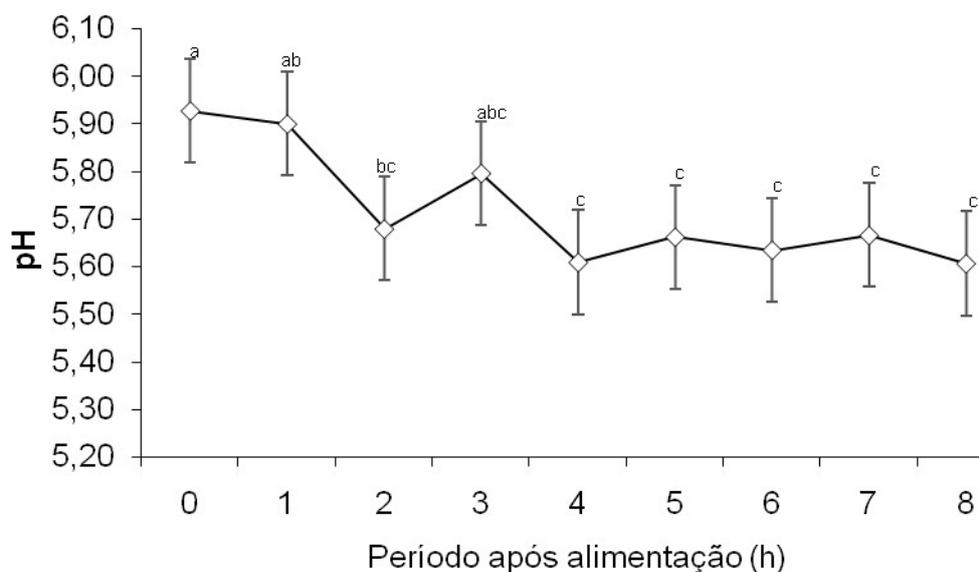
**Figura 1** – Interação no consumo de matéria seca em bovinos de corte alimentados com dietas sem volumoso com diferentes processamentos e tipos de híbridos.

Híbrido 1 = milho semi dentado

Híbrido 2 = milho Flint (duro)

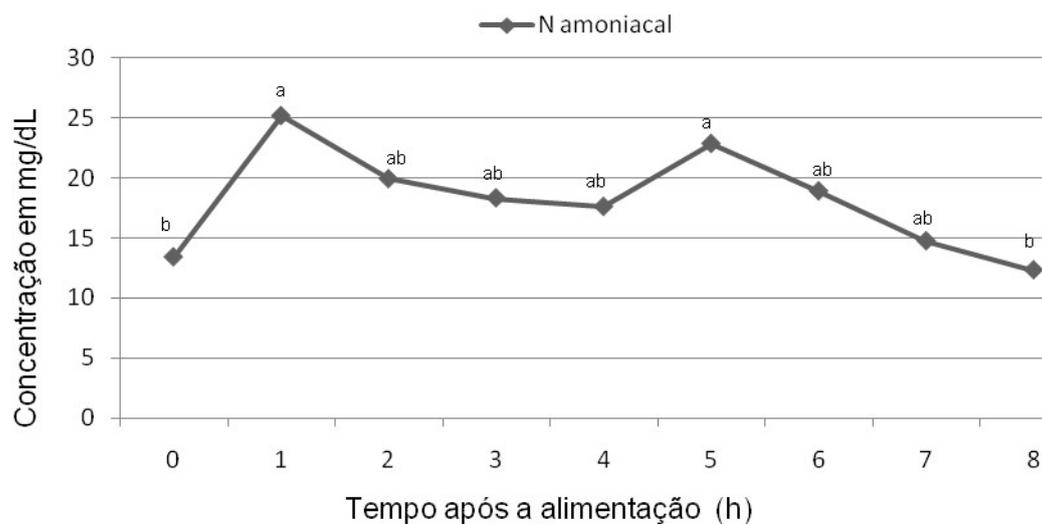
<sup>1</sup> Milho de Alta Umidade Ensilado

Teste F (P<0,05)



**Figura 2** – Variação do pH ruminal de bovinos de corte alimentados com dietas sem volumoso com diferentes processamentos e tipos de híbridos.

Médias com letra minúscula distintas diferem entre si pelo teste Tukey (P<0,05)



**Figura 3** - Concentração de N amoniacal no líquido ruminal de bovinos de corte alimentados com dieta sem volumoso com diferentes processamentos e tipos de híbridos.

Médias com letra minúscula distintas diferem entre si pelo teste Tukey ( $P < 0,05$ ).

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Na fase de terminação de bovinos de corte é cada vez mais comum o uso de dietas com baixa ou nula quantidade de fibra e alta quantidade de grãos, sendo o milho um dos principais alimentos contido em dietas de alto teor energético.

O processamento visa melhorar a disponibilidade e aproveitamento do amido contido no milho. Assim, quanto mais intenso melhora o aproveitamento, disponibilizando mais energia e, por fim, melhor desempenho do animal.

Para consumo e digestibilidade dos nutrientes fica evidente que o uso do processamento melhora seu aproveitamento. Como a moagem é um processamento mais grosseiro, utilizando o milho de alta umidade ensilado, que é um processamento mais intenso, consegue-se obter melhores resultados quanto à digestibilidade e aproveitamento do amido apesar do menor consumo da dieta.

Os parâmetros ruminais (pH ruminal e nitrogênio amoniacal) não foram alterados quanto ao processamento e híbrido utilizado, entretanto ocorreu variações entre os tempos de coleta após o fornecimento da dieta.

O pH ruminal após quatro horas do fornecimento das dietas apresentou os menores valores, chegando a 5,6 após oito horas, o que é comum em dietas contendo alta quantidade de amido, e mesmo, apresentado um perfil mais ácido, não houve ocorrência de laminite nos animais.

Para o nitrogênio amoniacal o pico de liberação foi uma hora após a alimentação e o menor valor encontrado foi após oito horas de coleta, supondo que não influenciou de forma negativa o ambiente ruminal a ponto de prejudicar a síntese microbiana.

A utilização do milho de alta umidade ensilado, independente do tipo de híbrido indica ser possível trabalhar com dietas sem volumoso como forma alternativa para confinamento de bovinos de corte. O seu uso favorece uma maior digestibilidade e aproveitamento do amido, o que promove uma maior disponibilização energética deste ingrediente na dieta, podendo levar a uma melhor eficiência alimentar e/ou melhor, desempenho animal.