

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

ALESSANDER RODRIGUES VIEIRA

Consumo e digestibilidade aparente dos nutrientes de dietas contendo sorgo em grão seco ou reidratado e ensilado para novilhos nelore confinados

Belo Horizonte

2011

ALESSANDER RODRIGUES VIEIRA

Consumo e digestibilidade aparente dos nutrientes de dietas contendo sorgo em grão seco ou reidratado e ensilado para novilhos nelore confinados

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais como requisito parcial para Obtenção do grau de Mestre em Zootecnia sob orientação do Prof. Dra. Ana Luiza da Costa Cruz Borges

Área de concentração: Nutrição Animal

Prof. Orientador: Prof^a Ana Luiza da Costa Cruz Borges

2011

Dissertação Defendida e aprovada em 12 de abril de 2011

Pela comissão examinadora constituída por:

Prof.^a Ana Luiza da Costa Cruz Borges

Orientadora

Prof. Iran Borges

Dr. Silas Prímola Gomes

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço a Deus por permitir a realização desse trabalho que foi tão importante na minha vida.

A minha Orientadora, Prof^a. Ana Luiza, que nunca vê dificuldades e está sempre disposta a inovar, ela é uma pesquisadora de verdade...

Ao Sr. Adelício (Pai) e a Dona Marlene (Mãe) que nos recebeu na fazenda durante três meses, alterando suas rotinas e adaptando as instalações da fazenda para a realização do experimento.

Ao Ricardo Reis que era quase um orientador, pela experiência que tinha.

A Helena Lage que eu tanto ligava para tirar dúvidas e pedir ajuda.

Ao Cássio e ao Ricardo da Faz. Sondotécnica que conseguiram animais padronizados para serem usados no experimento.

Ao Inaldo e ao Neto estudantes de Zootecnia que acompanharam o experimento do início ao fim, eles fizeram um trabalho muito bom.

Ao Professor Iran Borges e ao Dr Silas Primola por aceitarem a participação na Banca e contribuírem para melhorar o trabalho.

Ao Professor Norberto que me orientou sobre as análises de amido.

Ao colega André que me ajudou com as análises bromatológicas.

Aos amigos André Tupy e Silas Primola que sempre se interessaram pela pesquisa e por terem conseguido um núcleo mineral específico para o experimento.

Aos colegas da Exagro que me apoiaram e aceitaram minhas ausências em prol deste trabalho.

A Mari por estar ao meu lado e pela paciência nos momentos em que eu estive ausente.

A todos que contribuíram e que aqui não foram mencionados.

SUMÁRIO

RESUMO

ABSTRACT

1. INTRODUÇÃO	12
2. REVISÃO DE LITERATURA	12
2.1 Produção e utilização do sorgo	12
2.1.1 Produção mundial e brasileira de sorgo	13
2.2 Composição química-bromatológica do sorgo	14
2.3 Estrutura física do grão de sorgo	14
2.3.1 Características do endosperma e do amido do sorgo	15
2.3.2 Fatores envolvidos na digestibilidade do amido do sorgo.....	16
2.4 Processamento dos grãos e valor energético para os ruminantes	17
2.4.1 Principais processamentos dos grãos de cereais para bovinos.	17
2.4.2 Processo de reconstituição do sorgo	18
2.4.2.1 Métodos de reconstituição	19
2.4.3 Sítio de digestão do amido e eficiência energética	21
2.4.4 Local de digestão do amido e consumo de matéria seca	22
3. METODOLOGIA	24
3.1 Local e Condições Climáticas	24
3.2 Animais Utilizados e Instalações Experimentais	24
3.3 Variedade e classificação do Sorgo	25
3.4 Tratamentos e dietas experimentais	26
3.5 Ensaio de consumo e digestibilidade aparente	28
3.6 Análises químicas bromatológicas	29
3.7 Parâmetros adotados nos sistemas de exigência para previsão de consumo de MS	30
3.7.1 Sistema NRC (2000)	30
3.7.2 Sistema de Cornell (CNCPS v6.1.42)	31
3.7.3 Tabela Br-Corte	32

3.8 Parâmetros usados para a estimativa do NDT pela composição da dieta	33
3.8.1 Sistema NRC (2000)	33
3.8.2 Tabela CQBAL 3.0	33
3.8.3 Equação para cálculo do NDT pelo NRC 2001	33
3.8.4 Equação para cálculo do NDT pelo BR-Corte (2010)	34
3.9 Delineamento estatístico	34
4- RESULTADOS E DISCUSSÃO	35
4.1 Composição química e bromatológica dos alimentos e dietas experimentais.	35
4.2 Avaliação do processo de reconstituição do sorgo	37
4.2.1 Teor de umidade	37
4.2.2 Pré-germinação	37
4.2.3 Qualidade da Silagem do sorgo reidratado	38
4.2.4 Tamanho das partículas	39
4.3 Consumo e digestibilidade da matéria seca	40
4.4 Consumo e digestibilidade do amido e dos carboidratos não fibrosos	42
4.5 Avaliação do pH fecal.	45
4.6 Consumo e digestibilidade da Proteína Bruta e do Extrato etéreo	46
4.7 Consumo e digestibilidade da FDNcp e da FDA	47
4.8 Consumo de nutrientes digestíveis totais	49
4.9 Ganho de peso e eficiência alimentar	50
4.10 Avaliação da relação custo/benefício do processamento e armazenamento do grão reidratado ou moído seco	50
5. CONCLUSÃO	55
ANEXO 1	56
ANEXO 2	59
6. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA	61

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Distribuição mundial da produção de sorgo (USDA, 2010)	13
Tabela 2 – Composição química média de grãos de sorgo, expressa em percentagem da matéria seca	14
Tabela 3 – Diferentes tipos de processamento de grãos	17
Tabela 4 – Classificação do sorgo utilizado segundo normas do MAPA	25
Tabela 5- Formulação das dietas experimentais em percentagem da matéria seca	27
Tabela 6- Composição do concentrado protéico expressa na matéria seca	27
Tabela 7- Composição das dietas experimentais expressa na matéria natural (MN)	27
Tabela 8 - Composição bromatológica dos alimentos utilizados, nutrientes expressos em percentual da matéria seca (MS) e pH da silagem de cana e da silagem de sorgo reidratado	35
Tabela 9 – Composição das dietas e composição química e bromatológica da dieta formulada, em função das análises dos alimentos, valores expressos em percentual da matéria seca	36
Tabela 10 - Composição química bromatológica observada nas dietas oferecida, expresso em percentual da matéria seca	37
Tabela 11 – Caracterização do diâmetro geométrico médio (DGM) do sorgo	39
Tabela 12 – Grãos inteiros no sorgo reidratado, expressos em percentual da matéria seca	
Tabela 13 – Consumo de matéria seca expresso em kg/dia (CMS), em percentagem do peso vivo (CMS%PV) e em g de MS por unidade de tamanho metabólico (CMSUTM), produção fecal em kg/dia (PFECAL), digestibilidade aparente da matéria seca expressa em percentagem (DMS), consumo de matéria orgânica (CMO) expresso em kg/dia e digestibilidade da matéria orgânica em percentagem (DMO)	41
Tabela 14 – Comparação da digestibilidade aparente da matéria seca e digestibilidade aparente do amido em uma mesma dieta, dados da literatura	42
Tabela 15- Consumo de carboidrato não fibroso em kg/dia (CCNF), digestibilidade de carboidratos não fibrosos em percentagem (DCNF), consumo de amido em kg/dia (CAm), amido fecal em kg/dia (Am. Fec kg), amido nas fezes em percentagem (Am. Fec%), digestibilidade aparente do amido em percentagem (DAm) e grãos de sorgo inteiro nas fezes em percentagem (GS inteiro %)	43
Tabela 16 –pH fecal	45
Tabela 17 - Consumo de proteína bruta kg/dia (CPB), digestibilidade aparente da proteína bruta em percentagem (DPB), consumo de extrato etéreo em kg/dia (CEE), digestibilidade aparente do extrato etéreo em percentagem (DEE)	46

Tabela 18 –Consumo de fibra detergente neutro corrigido para cinzas e proteína em kg/dia (CFDNcp), em porcentagem do peso vivo (CFDNcp%PV), em g de FDNcp por unidade de tamanho metabólico (CFDNcp UTM), digestibilidade da fibra detergente neutro corrigido para cinzas e proteína em porcentagem (DFDNcp), consumo de fibra detergente ácido expresso em kg/dia (CFDA), digestibilidade aparente da FDA expressa em porcentagem (DFDA)	47
Tabela 19 – Consumo de NDT em kg/dia (CNDT), NDT em porcentagem da matéria seca (NDT%)	49
Tabela 20 –NDT dos alimentos de acordo com a tabela CQBAL 3.0 e NRC (2000)	49
Tabela 21 – NDT estimados para as dietas em porcentagem da MS, considerando-se diferentes sistemas de exigências	50
Tabela 22 – Ganho médio diário em kg/dia do início da adaptação até o final do experimento, 37 dias (GMD1), GMD apenas durante a fase digestibilidade, 14 dias (GMD2), consumo de matéria seca durante a fase de digestibilidade em kg/dia (CMS), eficiência alimentar em g de ganho de peso vivo por Kg de MS consumida (EA)	50
Tabela 23 - Custo de moagem de sorgo	52
Tabela 24 - Custo de armazenagem sorgo seco	53
Tabela 25 - Custo de armazenagem sorgo reidratado	53
Tabela 26 - Custo final do grão pronto para ser fornecido ao animal	54
Tabela 27 – Custo de estrutura de Moagem de Grão seco	56
Tabela 28 – Estrutura de Moagem de grão Reidratado	56
Tabela 29 – Estimativa da área paredes, gasto de Painéis pré-moldados e concreto para convecção de um silo trincheira de 400 m ³	57
Tabela 30 – Estimativa de custo das paredes de concreto pré-emolado com enchimento de concreto	57
Tabela 31 – Custo final de silo um silo de 400 m ³ – 40 m de comprimento x 4 metros base menor, 6 metros base maior x 2 metros de altura	58

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Desenho esquemático de grão de sorgo adaptado de Rooney e Miller (1981)	15
Figura 2 - Croqui das 16 baias utilizadas no experimento	24
Figura 3 – Imagem das baias experimentais, as mangueiras são utilizadas para jogar água e reduzir a poeira	25
Figura 4 – Doma Racional e fornecimento de óxido crômico	25
Figura 5 – Aspecto do grão pré-germinado (Fonte: Arquivo pessoal – Sorgo sendo reidratado)	59
Figura 6 – Sorgo com pouca germinação (Fonte: Arquivo pessoal – Sorgo sendo reidratado)	59
Figura 7 – Sorgo com mais germinação (Fonte: Arquivo pessoal – Sorgo sendo reidratado)	60

RESUMO

Foram testadas duas técnicas de processamento para o sorgo grão, moído seco (SS) e reidratado e ensilado (SR). Foram usados 16 novilhos nelore com peso médio de 397,81 kg no início do experimento, a dieta era composta de sorgo grão, silagem de cana, semente de algodão inteira e concentrado protéico a base de farelo de soja, uréia e minerais. Foram avaliados o consumo e a digestibilidade aparente da matéria seca (MS), matéria orgânica (MO) e dos nutrientes, proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro corrigido para cinzas e proteínas (FDNcp), fibra em detergente ácido (FDA), Extrato etéreo (EE), carboidratos não fibrosos (CNF) e amido. O pH fecal também foi avaliado. A adição de água ao sorgo seco elevou a umidade do material de 13,6 para 39,6% e a silagem produzida apresentou valor de pH de 4,03. Não houve efeito ($P > 0,05$) do processamento no consumo e digestibilidade da MS, MO, PB, CNF e amido. O Teor de amido nas fezes foi de 19,33% para o tratamento SS e 18,44% para SR, como SR foi moído em uma peneira de 8 mm houve perda de grão inteiro nas fezes neste tratamento, o SS foi moído em peneira de 2,5 mm. O consumo de FDNcp em % PV e por UTM e o consumo de FDA foram menores na dieta com sorgo reidratado, a digestibilidade da FDNcp foi semelhante entre os tratamentos, a digestibilidade da FDA foi menor no tratamento sorgo reidratado,. Os nutrientes digestíveis totais (NDT) obtidos para as dietas foram semelhantes, sendo 66,51 e 67,63% para as dietas SS e SR, respectivamente. O pH das fezes do tratamento SR (6,74) foi maior que para o tratamento SS (6,23) sugerindo que uma menor parte do amido foi fermentado no intestino grosso.

Palavras Chave: sorgo reidratado, reconstituição, sorgo reconstituído, processamento de sorgo, bovinos.

ABSTRACT

We tested two processing techniques for sorghum grain, dry ground (SS) and rehydrated and ensiled (SR). We used 16 Nelore steers with average weight of 397.81 kg at the beginning of the experiment. The diet consisted of grain sorghum, sugar cane silage, whole cottonseed and protein concentrate based on soybean meal, urea and minerals. The intake and apparent digestibility of dry matter (DM), organic matter (OM) and nutrients, crude protein (CP), neutral detergent fiber corrected for cincas and protein (NDF), acid detergent fiber (ADF), (EE), non-fiber carbohydrates (NFC) and starch have been tested. The fecal pH was also evaluated. The addition of water to dry sorghum increased moisture of the material from 13.6 to 39.6% and silage produced had pH of 4.03. There was no effect ($P > 0.05$) of the processing technique on intake and digestibility of DM, OM, CP, NFC and starch. The starch content in faeces was 19.33% for the SS treatment and 18.44% for SR. As the SR has been ground into a sieve of 8 mm, the whole grain was lost in the faeces of this treatment, the SS is milled through sieve 2.5 mm. The intake of NDF in% PV and UTM and ADF intake were lower in rehydrated sorghum diet, digestibility of NDF was similar among treatments, the digestibility of ADF was lower in sorghum rehydrated treatment. The total digestible nutrients (TDN) obtained for the diets were similar, 66.51 and 67.63% for diets SS and SR, respectively. The SR treatment faeces pH (SR 6.74) was higher than the SS treatment's (6.23), suggesting that a lower part of the starch was fermented in the large intestine.

Key words: Rehydrated sorghum, reconstitution, reconstituted sorghum, sorghum processing, cattle.

1. INTRODUÇÃO

O Brasil possui o maior rebanho comercial do mundo, sendo também o maior exportador de carne bovina. Apesar de apenas (7%) da produção brasileira ser produzida em confinamento, o mesmo tem papel significativo na oferta de animais para abate no período de seca, quando ocorre queda na oferta de gado terminado a pasto (Anualpec, 2010).

Com aumento da população mundial e aumento da demanda por carne, uma tendência natural é a necessidade de aumento de produtividade no setor pecuário brasileiro. Neste cenário o confinamento será uma ferramenta importante, que possibilita grande aumento de produção por área. A produção de carne por hectare no confinamento é cerca de cinco vezes maior que a produção em pasto exclusivamente, mesmo levando em conta a área necessária para produção de grãos do concentrado.

Segundo Cervieri et al. (2009) a alimentação representa por volta de 85% do custo no confinamento, sendo assim o preço dos alimentos e a eficiência alimentar têm impacto direto no resultado econômico.

Em uma pesquisa realizada sobre práticas de manejo e recomendações nutricionais nos confinamentos brasileiros, o sorgo foi citado por 20,7% dos nutricionistas como sendo a primeira opção de grão, e ainda por 72,4% como sendo a segunda opção de escolha (Millen et al., 2009).

O sorgo devidamente processado pode apresentar eficiência de 95 a 100% do milho na alimentação dos bovinos (Igarasi et al., 2008). No Brasil, o deságio do sorgo em relação ao milho costuma ser de 25% a 30% (Tsunechiro et al, 2002). Nos Estados Unidos geralmente o deságio do sorgo em relação ao milho é por volta de 10 a 15% (Huck et al.,1999). Isso pode refletir um baixo conhecimento do custo benefício do sorgo pelos agentes do mercado brasileiro.

Para milho e sorgo, a moagem fina do grão é citada como principal forma de processamento adotada no Brasil (Millen et al. 2009), entretanto tem sido demonstrado que os processamentos mais intensos como a ensilagem do grão úmido (Silva et al., 2007; Costa et al., 2002) e a floculação (Zinn et al., 2002) promovem maior eficiência alimentar que a simples moagem.

A reconstituição ou reidratação é o processo de adição de água aos grãos colhidos secos, com a elevação da umidade de 12% a 15% para 25% a 35%. Após a elevação da umidade o grão é armazenado de forma anaeróbica por um período, antes de ser fornecido aos animais, (Simpson et al.,1985; Huck et al.,1999; Balogun et al.,2005).

O objetivo desse trabalho foi avaliar o efeito do processo de reidratação e ensilagem do sorgo grão na digestibilidade dos nutrientes para bovinos nelore confinados.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Produção e utilização do sorgo

Segundo Rodrigues et al. (2009), o sorgo [*Sorghum Bicolor* (L.) Moench] é uma excelente opção para produção de grãos e forragem em todas as situações em que o déficit hídrico e a baixa fertilidade do solo oferecem riscos para outras culturas, notadamente o milho. Também é muito utilizado no Brasil central em sucessão a culturas de verão, fase denominada de safrinha, contribuindo para a oferta de alimento de baixo custo, tanto para o pecuarista como para agroindústria de rações.

2.1.1 Produção mundial e brasileira de sorgo

O sorgo é o quinto cereal mais produzido no mundo, atrás do trigo, arroz, milho, e cevada, sendo que, em 2009 representou 2,9% da produção mundial de cereais (WORLD..., 2010).

É uma cultura primariamente produzida em áreas sujeitas à restrição hídrica, pouco indicada para produção de outros grãos sem irrigação. Sua produção é destinada à alimentação humana e animal (SORGHUM and millets..., 1995).

Segundo o USDA (WORLD...,2010) , a produção mundial na safra 2008/2009 foi de 64,72 milhões de toneladas, em uma área plantada de 41,85 milhões de hectares, com uma produtividade de 1,55 t/ha.

A distribuição da área plantada e da produção de sorgo pelo mundo está descrita na Tabela 1.

Tabela 1 – Distribuição mundial da produção de sorgo (USDA, 2010)

	% Área plantada	% Produção Mundial
Países africanos	49,20%	35,60%
Estados Unidos	7,00%	18,50%
Índia e Paquistão	18,60%	11,40%
México	4,50%	10,30%
Austrália	1,80%	4,20%
Brasil	2,00%	2,80%
China	1,20%	2,80%
Argentina	1,10%	2,60%
Egito	0,40%	1,40%
UE (27 países)	0,20%	0,80%
França	0,10%	0,40%
Itália	0,10%	0,40%
Outros	14,00%	8,80%
Total	100%	100%

Em 2009 a área plantada de sorgo no Brasil foi de 787 mil ha, e a produção foi de 1,84 milhões de toneladas. Para efeito de comparação, esta produção corresponde a 3,6% da produção brasileira de milho que foi de 51,2 milhões de toneladas (IBGE, 2010).

2.2 Composição química-bromatológica do sorgo

Dados de milho e sorgo compilados por Valadares Filho et al. (2011) mostram que a composição química bromatológica do sorgo é bem semelhante à do milho, entretanto alguns cultivares de sorgo possuem teor de PB superior, e o milho possui teor de extrato etéreo mais elevado sendo, os teores de fibra em detergente neutro e fibra em detergente ácido bem próximos.

O teor de amido descrito para o sorgo geralmente varia de 60 a 70%, sendo a média citada por Valadares filho et al. (2011) de 61,34% de amido para 4 amostras. Antunes et al. (2007), avaliando 33 genótipos de sorgo, encontrou variação de 62,15% a 78,74% de amido, sendo a média 72,98%.

Tabela 2 – Composição química média de grãos de sorgo, expressa em percentagem da matéria seca

Fonte:	MS	PB	EE	FDN	FDA	Amido	MM
Rostagno (1986)	87,4	10,1	2,17	-	-	-	-
Valadares Filho et al. (2011)	88,05 (±2,13)	9,59 (±1,62)	2,89 (±0,66)	14,91 (±3,5)	6,35 (±1,99)	61,34 (±2,51)	1,79 (±0,65)
Antunes (2005)	88,77	13,19	2,97	-	-	72,98	-

(MS) = Matéria Seca, (PB) = Proteína Bruta, (FDN) = Fibra Detergente Neutro (FDA) = Fibra em Detergente Ácido, (EE) = Extrato Etéreo, (MM) = Matéria Mineral

2.3 Estrutura física do grão de sorgo

O grão de sorgo é dividido em pericarpo, endosperma e gérmen, como pode ser visto na figura 1. Geralmente o pericarpo representa 6%, o endosperma 84%, e o gérmen 10% do peso do grão (Rooney e Miller, 1981; SORGHUM and millets..., 1995).

O pericarpo é o revestimento externo da Cariopse, o endosperma é o componente mais importante nutricional, é onde está o endosperma amiláceo, principal fonte de energia do grão. O endosperma também possui proteínas de estocagem.

O gérmen é rico em lipídeos, é onde está o embrião que formará a nova planta de sorgo.

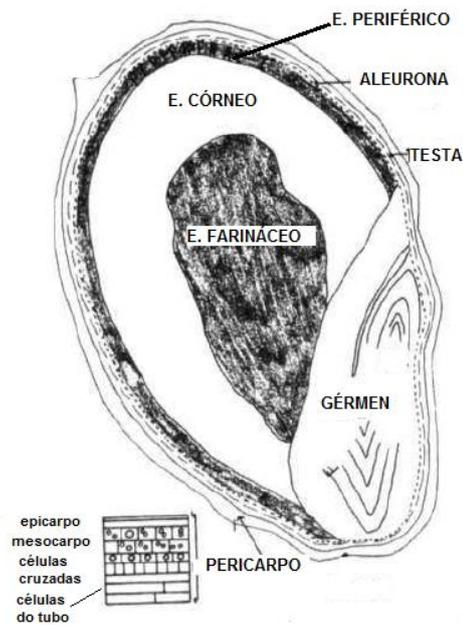


Figura 1 – Desenho esquemático de grão de sorgo adaptado de Rooney e Miller (1981)

2.3.1 Características do endosperma e do amido do sorgo

O endosperma consiste da aleurona, endosperma periférico, endosperma córneo e endosperma farináceo (Rooney e Miller, 1981).

A camada de células da aleurona está logo abaixo da testa do pericarpo. As células da aleurona contém grandes quantidades de minerais, vitaminas solúveis em água e óleo. A aleurona desempenha um papel importante na autólise e mobilização dos constituintes do grão durante a germinação (Rooney e Miller, 1981).

O endosperma periférico é uma área mal definida abaixo da camada da aleurona, os grânulos de amido são pequenos e estão incorporados em uma densa matriz protéica composta de glutelinas e prolaminas (Rooney e Miller, 1981).

A hidrólise enzimática dos grânulos de amido do endosperma periférico é muito lenta devido à organização da matriz protéica (Rooney e Pflugfelder, 1986).

O Endosperma córneo (também chamado de duro, flint, vítreo) fica abaixo do endosperma periférico e possui uma interface contínua entre o amido e a proteína. Os grânulos de amido são angulosos ou poliédricos, com depressões onde os corpos protéicos ficam preso entre os grânulos de amido. As ligações amido proteína são fortes, e o grão de amido geralmente quebra ao invés de sair da matriz protéica (Rooney e Miller, 1981).

O endosperma farináceo está pouco envolvido na matriz protéica, a matriz protéica existente está disposta em finas camadas sobre os grânulos de amido, e a disponibilidade do amido é maior.

Os grânulos de amido do sorgo são poliédricos com grande variação no tamanho, variando de 2 a 30 μ de diâmetro.

2.3.2 Fatores envolvidos na digestibilidade do amido do sorgo

Entre os cereais (milho, sorgo, trigo e cevada), o amido do sorgo é o de menor disponibilidade para hidrólise enzimática. Isso ocorre devido ao tipo e distribuição da proteína envolvendo o amido no endosperma (Rooney e Pflugfelder, 1986), que deve ser rompida para a máxima utilização do sorgo.

O sorgo geralmente tem alta proporção de endosperma periférico em relação ao milho. A região periférica é extremamente densa e resistente à penetração de água e à digestão. Células periféricas contêm um alto teor de proteínas e resistem à digestão física e enzimática (Rooney e Pflugfelder, 1986).

Segundo Taylor (2008), a menor digestibilidade do sorgo seria atribuída principalmente a uma leve diferença nas proteínas do endosperma, sendo que as proteínas do corpo do mesmo (prolaminas, chamadas de kafirinas), estariam mais fortemente ligadas que as prolaminas do milho, formando uma barreira mais forte à penetração de enzimas hidrolíticas do amido.

O impacto da vitreosidade do endosperma na degradabilidade ruminal *in situ* da matéria seca do sorgo foi demonstrado por Antunes (2005), que encontrou maior degradabilidade para grãos de endosperma mais macios em relação a grãos de endosperma mais duros, na maioria dos tempos avaliados.

O efeito primário do processamento deve ser o rompimento do pericarpo, para permitir a chegada de microorganismos e de enzimas ao endosperma.

A Coesão do pericarpo ao endosperma portanto pode limitar a fermentação e a digestibilidade (Owens e Zinn, 2005).

Mesmo após a laminação o pericarpo pode permanecer ligado ao endosperma vítreo, impedindo o ataque microbiano e enzimático (Owens e Zinn, 2005).

Quando se faz um processamento mais intensivo (calor, umidade, fermentação) são criadas fendas no pericarpo, que aumentam a taxa e a extensão da digestão (Owens e Zinn, 2005; Rooney e Pflugfelder, 1986).

Dependendo do processamento outros efeitos são obtidos, quando energia suficiente é aplicada para quebrar as pontes de hidrogênio no endosperma vítreo, ocorre a gelatinização do amido, que se caracteriza como perda irreversível da estrutura dos grânulos, o grânulo de amido absorve água, intumescce, exuda parte da amilose, e se torna mais susceptível a fermentação e degradação enzimática (Rooney and Pflugfelder, 1986). O grau de gelatinização obtido pode variar de

10 a 20% do amido no processo de peletização, por volta de 38% na extrusão, e de 40 a 50% na floculação (Huntington e Junell, 2010).

No processo de ensilagem do grão úmido, ocorre hidratação da matriz protéica, perda de organização e rompimento de células do endosperma, promovendo rompimento parcial da matriz protéica (Sullins e Rooney, 1971).

2.4 Processamento dos grãos e valor energético para os ruminantes

2.4.1 Principais processamentos dos grãos de cereais para bovinos.

Os grãos são processados para aumentar seu valor nutritivo sendo, o valor nutritivo de um alimento é função do teor de nutrientes, do consumo e da digestibilidade. As características físicas e químicas do grão podem alterar sua pulverulência, aceitabilidade e digestibilidade (Owens e Zinn, 2005).

A escolha de um determinado processamento deve levar em conta também o custo benefício, questões de logística e estocagem, a conveniência e flexibilidade do processo e a quantidade de grãos a serem processados por dia (Rooney, 1992).

Segundo Hale (1973), pouco progresso ocorreu no processamento de grãos para os bovinos antes de 1960.

Hale (1973) citou 18 processamentos diferentes para os cereais, que estão listados na Tabela 3.

Segundo Owens (2005), os processamentos típicos para ruminantes envolvem a redução do tamanho de partícula com ou sem a adição de água ou vapor.

Os métodos de processamentos mais simples são a moagem e a laminação, produzindo o grão moído ou laminado a seco. Para um processamento mais intenso o grão pode ser laminado ou moído e fermentado, desde que a umidade esteja entre 24 a 35%. Para que ocorra a fermentação o grão pode ser colhido úmido, para formar a silagem de grão úmido, ou pode-se adicionar água ao grão seco para formar o grão reidratado ou reconstituído (Owens, 2005). Na laminação ou floculação, o grão é umedecido com vapor e esmagado com rolos.

Tabela 3 – Diferentes tipos de processamento de grãos

<i>Processamento seco</i>	<i>Processamento com umidade</i>
Moagem do grão inteiro	Deixar de Molho (soak)
Laminação ou quebra a seco	Laminação a vapor
Expansão (“popping”)	Processado a vapor, floculado a vapor
Extrusão	Reconstituição
Micronização	Explosão
Torrar o grão (“roasting”)	Cozimento e pressão

Peletização “Thermalize”	Colheita do grão úmido Silagem da espiga do milho Silagem da panícula do sorgo
-----------------------------	--

Fonte: Hale (1973)

Segundo Rooney (1992), na região do cinturão do sorgo (Kansas, Texas, Nebraska e Oklahoma), nos Estados Unidos, a floculação a vapor, expansão, micronização, reconstituição e a ensilagem do grão úmido são métodos utilizados para processar sorgo para o gado confinado.

Rooney (1992) cita que a floculação se tornou o método mais popular para processar o sorgo em grandes confinamentos, devido a sua flexibilidade e conveniência. Segundo este autor, a reconstituição pode exigir a estocagem de grande quantidade de grãos úmidos por 2 a 3 semanas, gerando problemas de logística e fluxo de caixa para os grandes confinamentos. Entretanto a reconstituição exige poucos equipamentos e pouca energia, sendo usada naquela época pelos menores confinadores.

Segundo Balogun et al. (2005) a reconstituição do sorgo ainda é utilizada na Austrália em confinamentos comerciais.

Uma pesquisa realizada por Millen et al. (2009) com consultores brasileiros cita que 54,8% dos consultores adotam a moagem fina do grão como primeira opção de processamento, 38,7% adotam a quebra do grão e 6,5% o grão moído grosso. O grão úmido foi citado por 12,9% dos nutricionistas como a segunda opção de processamento.

Atualmente no Brasil algumas fábricas de ração já possuem equipamentos para o processamento mais severo dos grãos, com objetivo de produzir rações com maior valor nutritivo, sendo que entre estes processamentos estão a expansão, extrusão e floculação.

A expansão e a tecnificação da indústria de confinamentos no Brasil vem sendo acompanhada de maior interesse no processamento dos grãos, e já existe aqui no país pelo menos uma planta de confinamento que usa a floculação como forma de processamento para milho e sorgo.

2.4.2 Processo de reconstituição do sorgo

A reconstituição ou reidratação é o processo de adição de água aos grãos colhidos secos, elevando-se a umidade do material para 26 a 35%, após a reidratação o material é estocado de maneira anaeróbica, semelhante à silagem de grão úmido, ou no caso do sorgo, pode ser fornecido após a reidratação na presença de oxigênio entre um a cinco dias, sendo este processo chamado de pré-germinação (Simpson et al., 1985; Huck et al., 1999; Balogun et al., 2005). O objetivo é melhorar o aproveitamento dos grãos.

Em relação às mudanças provocadas nos grãos, os efeitos da reconstituição são atribuídos à degradação da matriz protéica pela ação dos ácidos da fermentação, tornando os grânulos de amido susceptíveis à separação durante a moagem ou mastigação (Rooney e Pflugfelder, 1986).

No caso de reconstituição do grão inteiro com exposição aeróbica, o grão úmido absorveria o oxigênio da água, bem como da atmosfera, resultando no início da germinação, um

processo que envolve a hidrólise de proteínas e carboidratos no endosperma dos grãos (Balogun et al., 2005).

McNeill et al. (1975) compararam a microscopia eletrônica do grão de sorgo moído seco, reconstituído, floculado e micronizado, e não observaram alteração física nos grânulos de amido entre o sorgo reconstituído e o grão moído seco. Já nos grãos que sofreram tratamento térmico, os autores observaram extensa modificação física na estrutura do amido. Em ambos, floculação e micronização, o grânulo de amido aumentou muitas vezes em relação ao tamanho original, e mostrou-se gelatinizado, como foi indicado pela perda de birrefringência.

Xiong et al. (1990) relataram que não ocorreu nenhuma gelatinização quando o sorgo foi reconstituído em 10, 20, ou 30 dias, entretanto ocorreu aumento da degradação da proteína em relação ao controle, com valores de 65,9% para sorgo seco e 79,7% para o sorgo reconstituído por 30 dias. Neste experimento a digestibilidade *in situ* do sorgo floculado foi maior que no sorgo reconstituído.

Apesar de trabalhos demonstrarem desempenho animal semelhante entre o sorgo floculado e o sorgo reconstituído (Schake et al., 1972, Huck et al., 1999), os motivos que provavelmente aumentam a susceptibilidade do grão de sorgo reconstituído e do sorgo floculado ao ataque dos microorganismos no rúmen e no trato total são diferentes. Enquanto no sorgo floculado isso se deve à gelatinização do amido (Xiong et al., 1990), no sorgo reconstituído deve-se à extensa hidratação da matriz protéica, perda de organização e rompimento de células do endosperma, ocorrendo também rompimento parcial da matriz protéica, liberando os grânulos de amido (Sullins e Rooney, 1971).

2.4.2.1 Métodos de reconstituição

O processo de reconstituição do sorgo tem sido descrito de diferentes maneiras, como a adição de água ao grão inteiro e armazenamento anaeróbico por 21 dias, a adição de água ao grão inteiro e exposição aeróbica de 1 a 5 dias, a adição de água ao grão moído, sendo cada processo seguido de estocagem anaeróbica. Nos dois casos também foram testados diferentes tempos de reconstituição e diferentes teores de umidade no grão reconstituído (Simpson et al., 1985; Huck et al., 1999; Balogun et al., 2005).

Schake et al. (1972) não observaram diferença no desempenho de bovinos confinados, quando avaliaram os seguintes tratamentos: sorgo reconstituído inteiro com 30% de umidade mantido em anaerobiose por 14 dias e depois laminado, sorgo reconstituído após a laminação a 30% de umidade em silos de concreto por 30 dias, sorgo floculado a 320g/L e sorgo micronizado.

White et al. (1969) encontraram ganho de peso similar entre novilhos recebendo sorgo moído seco e sorgo reconstituído após a moagem com 30% de umidade e armazenado durante 21 dias em sacos plásticos. O sorgo que foi reconstituído inteiro a 30% de umidade e depois moído propiciou maiores ganhos de peso.

Neuhaus e Totusek (1971) avaliaram a influência da temperatura, umidade, tempo de reconstituição e momento da moagem na digestibilidade *in vitro* do sorgo. A análise de variância mostrou que a digestibilidade foi influenciada primeiro pela moagem ou não do grão, depois pela

umidade, depois pela combinação moagem e umidade, e em seguida pelo tempo. Os melhores resultados obtidos foram para o grão reconstituído inteiro a 28 a 30% de umidade. O sorgo reconstituído após a moagem teve pequena melhora na digestibilidade; os autores comentaram a possível participação da pré-germinação na melhoria da digestibilidade do grão inteiro.

Martin et al. (1970) encontraram eficiência alimentar semelhante para sorgo reconstituído inteiro a 38,2% de umidade e sorgo floculado, mas pior eficiência quando o grão foi reconstituído após a moagem a 25,3% de umidade. Os autores citaram que o sorgo reconstituído inteiro tinha considerável brotação.

Observa-se que nos trabalhos em que não ocorreram ganhos de eficiência com o grão reconstituído após a moagem, o grão continha menos de 30% de umidade, ou foi utilizado antes de 30 dias após a ensilagem, como é o caso dos trabalhos de White et al. (1969) e Martin et al. (1970).

Huck et al. (1999) trabalharam com sorgo reconstituído após a moagem com umidades de 25, 30 e 35%, obtiveram eficiência alimentar semelhante à do milho floculado apenas na umidade de 35%, sendo que o tempo de ensilagem do material foi de 117 dias.

Benton et al. (2004b) compararam a digestibilidade *in situ* do milho seco laminado, colhido úmido a 24 e 30% de umidade, e colhido seco e reconstituído para 28 e 35% de umidade. Após 30 dias de ensilagem o milho reconstituído a 35% de umidade foi semelhante à silagem de grão úmido com 30% de umidade. Entretanto, o milho reconstituído para 28% de umidade necessitou de 160 dias após a ensilagem para atingir a mesma digestibilidade do grão colhido a 30% de umidade. Por sua vez, o milho colhido a 24% de umidade praticamente não alterou a digestibilidade em relação ao grão seco. Outro dado interessante neste experimento é que a digestibilidade *in situ* foi influenciada pelo tempo de ensilagem, ocorrendo aumentos gradativos até 200 dias após a ensilagem.

Igarasi et al. (2008), trabalhando com silagem de grão úmido de milho e sorgo contendo 33,58 e 38,52% de umidade, respectivamente, obtiveram desempenho e consumo semelhantes em novilhos F1 Red angus x Nelore.

Passini et al. (2002) encontraram pior digestibilidade aparente do amido da dieta quando aumentaram a participação da silagem de grão úmido de sorgo e reduziram a participação da silagem de grão úmido de milho; entretanto o sorgo úmido estava com apenas 22,35% de umidade e o milho com 27,48%.

Os resultados obtidos por White et al. (1969), Martin et al. (1970), Huck et al. (1999), Passini et al. (2002), Benton et al. (2004), Igarasi et al. (2008) são indícios de que quando o sorgo for reconstituído moído o teor de umidade deve ser por volta de 35%, e por um tempo mínimo para que a fermentação possa atuar no endosperma do grão.

Bull e Schake (1980) fizeram uma revisão e avaliação econômica das alternativas de processamento dos grãos de milho e sorgo utilizadas em confinamentos do Texas. Os autores descreveram a reconstituição do sorgo como o processo de adição de água ao sorgo inteiro para atingir 25 a 30% de umidade, e a estocagem anaeróbica por 14 a 21 dias. O pior resultado foi encontrado por White et al. (1969) para a reconstituição do sorgo moído, sendo que estes autores indicaram que o grão deve ser reconstituído inteiro.

Apesar da recomendação inicial da reconstituição do grão inteiro ser acompanhada de estocagem anaeróbica por 14 a 21 dias, nas condições de campo não se consegue anaerobiose total, pois a própria água contém oxigênio entremeadado. Hibberd et al. (1981), avaliando diferentes tempos

de reconstituição, observaram que as maiores mudanças ocorriam do dia um ao três. Os autores questionaram a necessidade dos 21 dias de estocagem.

Simpson et. al (1985) pesquisaram a importância da fase aeróbica no processo de reconstituição, com os tratamentos: 1) grão seco moído como controle, 2) grão inteiro imerso na água por 21h, 3) grão inteiro imerso na água 21h, drenado e exposto à atmosfera por 21h, 4) grão inteiro imerso na água por 21h, drenado, exposto à atmosfera 21h e estocado por cinco dias em anaerobiose. Em todos os tratamentos, a reconstituição melhorou a digestibilidade do amido em relação ao sorgo seco, sendo que as diferentes formas de reconstituição não afetaram a digestibilidade. Nos tratamentos com exposição atmosférica os grãos apresentavam cinco a seis mm de radículas.

Balogun et al. (2005) demonstraram a importância da pré-germinação quando o grão é reconstituído inteiro, pois quando comparou o sorgo reconstituído em anaerobiose por 21 dias em condições de laboratório com o sorgo pré-germinado por cinco dias, o sorgo pré-germinado continha significativamente mais nitrogênio e açúcar livre. Além disso, produziu mais gás e teve mais amido fermentado em líquido ruminal tamponado por 5h. O sorgo reconstituído inteiro em anaerobiose estrita e depois moído foi semelhante ao sorgo moído seco.

Yan et al. (2009) estudaram o efeito da pré-germinação de três a quatro dias do grão de sorgo na fermentação do amido para a produção de etanol. O sorgo germinado por três dias teve o teor de tanino reduzido de 3,96% para níveis insignificantes, os açúcares fermentáveis livres aumentaram significativamente em relação ao controle, houve aumento no grau de fermentação do amido de 13 a 20%, e redução do amido residual no resíduo de destilaria. Além disso, houve aumento da produção de etanol em 3,1% em relação ao controle. A germinação por quatro dias reduziu a produção de etanol por perda de amido durante a germinação.

2.4.3 Sítio de digestão do amido e eficiência energética.

Extensa revisão de Owens e Zinn (2005) mostra que o processamento mais intensivo dos grãos como a floculação e a ensilagem do grão úmido aumentam a digestibilidade do amido no trato digestivo total dos ruminantes.

Em um resumo sobre bovinos confinados consumindo 70 a 80% de milho na dieta, para o milho úmido, floculado, laminado a seco e inteiro, a digestibilidade encontrada no trato total foi de 98, 97, 90 e 84%, respectivamente. Para o sorgo foi citado para o grão laminado 96,5 e para o floculado 98,8% (Owens e Zinn,2005).

Em relação a digestão do amido, o local de digestão para maior eficiência energética seria o intestino delgado, seguido pelo rúmen e intestino grosso que são menos eficientes devido à perda de metano da fermentação e perda de calor da fermentação. A digestão no intestino grosso seria ainda menos eficiente, pois a proteína microbiana produzida é perdida nas fezes (Huntington et al., 2006; Owens e Zinn, 2005).

Huntington e Junell (2010), citando Harmon e MacLeod (2001), estimaram a eficiência de captura da energia do amido em 82% quando digerido no rúmen, 97% para digestão no intestino delgado e 62% para o intestino grosso.

Ainda não está claro sobre a possível limitação do ruminante para digestão de grande quantidade de amido no intestino, enquanto Huntington et al. (2006) citam redução no percentual do amido digerido no intestino delgado com a aumento da entrada de amido. Owens e Zinn (2005) citam que o processamento é o fator mais importante na digestão do amido no intestino delgado e no intestino grosso, e que o ruminante pode digerir grandes quantidades de amido desde que devidamente processado.

Knowlton et al. (1998), comparando milho laminado seco ou moído seco, com laminado úmido ou moído úmido, encontraram digestibilidade ruminal de 60,9 % para tratamento moído seco, 69,2% para laminado seco, 86,8% para moído úmido 81,2% para laminado úmido. Do amido que escapou do rúmen a digestibilidade no intestino delgado foi de 9,11% para o grão moído seco, -20,4% para o grão laminando, 58,9% para o grão moído úmido e 56,6% para o laminado úmido.

Como o processamento que promove maior taxa de fermentação ruminal também leva à maior digestão pós ruminal, não seria interessante um processamento que promovesse baixa degradação ruminal, pois este também levaria à baixa digestibilidade no intestino delgado. Este último é um sítio mais eficiente do ponto de vista energético, e o amido residual chegará ao intestino grosso, onde a eficiência energética é baixa (Knowlton et al., 1998; Owens e Zinn, 2005; Huntington et al., 2006).

Segundo McNeill et al. (1971) a reconstituição aumenta a degradabilidade ruminal do amido do sorgo, essa alteração do sítio de digestão para o rúmen e intestino delgado seria interessante na uso mais eficiente do amido em relação ao amido degradado no intestino grosso.

2.4.4 Local de digestão do amido e consumo de matéria seca

O consumo voluntário é regulado por mecanismos físicos, químicos, metabólicos, neuro-hormonais e também pela ingestão de água.

Apesar de muitos mecanismos específicos não serem bem compreendidos, o local primário responsável pelo equilíbrio energético do corpo é o sistema nervoso central (SNC). Existem vários receptores no SNC e no sistema nervoso periférico que fornecem informações sobre o estado metabólico do animal, coordenando o comportamento alimentar.

Quando uma dieta rica em fibra e pobre em energia é fornecida, a ingestão é limitada pela capacidade física de ingestão, e é uma função da característica da dieta. Quando uma dieta rica em energia e pobre em fibra é fornecida a ingestão é controlada pela demanda fisiológica de energia do animal (Conrad et al., 1964; Mertens, 1987).

Conrad et al. (1964) analisaram dados de consumo para dietas com alto teor de forragem e chegaram a uma equação de regressão múltipla em que as variáveis mais significativas atribuídas à regressão foram a digestibilidade da matéria seca e o teor de energia da dieta. Para o grupo de dados abaixo de 66,7% de digestibilidade foi encontrada correlação altamente significativa entre a digestibilidade e o consumo. Entretanto, para dietas com coeficiente de digestibilidade acima de 66,7% não houve efeito significativo da digestibilidade no consumo.

O NRC (2000) estima o consumo de matéria seca para animais em crescimento a partir da concentração de energia líquida de manutenção da dieta (ELM/kgMS). A equação utilizada foi desenvolvida a partir de dados de bovinos em crescimento consumindo dietas com alto teor de concentrado, provavelmente acima de 66,7% de digestibilidade.

Por essa equação, o consumo de matéria seca aumenta com o aumento da concentração de energia até 1,6 Mcal/Kg de MS. níveis de energia acima de 1,6 kg Mcal/kg promoveriam a redução do consumo. Convertendo esse teor de energia líquida para NDT pelos parâmetros usados pelo NRC, 1,6 Mcal/Kg corresponde a uma dieta de aproximadamente 70% de NDT.

Segundo Allen (2000), características químicas e físicas dos ingredientes da dieta afetam o consumo de matéria seca de vacas em lactação. Entre estes fatores estão o teor de fibra, degradabilidade da fibra, tamanho de partícula, produtos de fermentação da silagem, tipo e concentração de gordura na dieta, quantidade e degradabilidade da proteína, degradabilidade do amido e local de digestão do amido.

Dietas com grãos intensivamente processados, ou com grãos que possuem amido mais degradável no rúmen como o trigo, apresentam menor consumo de matéria seca, principalmente quando o nível de grão na dieta é elevado (Axe et al., 1987; Zinn et al. 2002; Costa et al., 2002; Oba e Allen 2003; Bradford e Allen 2007; Silva et al. 2007).

A redução do consumo em dietas com fermentação ruminal excessiva, como acontece com grãos mais processados ou tipos de grãos com amido mais degradável no rúmen, está descrita na literatura (Allen, 2000). O efeito do local da digestão do amido no consumo poderia estar ligado à redução do pH e redução da digestão da fibra, aumento da osmolaridade, aumento de propionato, aumento da absorção de glicose e aumento do teor energético da dieta.

Apesar do propionato ser bastante citado como inibidor de consumo (Allen, 2000; Silva, 2006), Bradford e Allen (2007) compararam o efeito de diversas variáveis no consumo de vacas alimentadas com milho moído seco ou úmido, e encontraram correlação negativa significativa apenas para a concentração plasmática de insulina com o consumo individual. Os autores concluíram que os mecanismos envolvidos na redução do consumo de dietas consumindo amido rapidamente fermentável podem envolver interações entre vários fatores metabólicos.

3. METODOLOGIA

3.1 Local e Condições Climáticas

O experimento ocorreu entre os dias 01 de setembro de 2009 a 08 de outubro de 2009, em um confinamento comercial localizado na cidade de São Francisco, MG. O clima da região é do tipo Aaw, classificação de Köppen (1948, citado por Müller, 1982), e a altitude local é de 438m acima do nível do mar.

As temperaturas registradas pela estação meteorológica de Januária-MG (Monitorada pelo INMET), próxima da fazenda foram: Mínima de 17 °C no dia dois de setembro e máxima de 39 °C dia 29 de setembro, a temperatura média variou entre 23°C e 30 °C no período. Não ocorreram chuvas durante o experimento.

3.2 Animais Utilizados e Instalações Experimentais

Foram utilizados 16 novilhos nelore, inteiros, que no dia 03 de setembro de 2009, ao início da adaptação às dietas experimentais, pesavam em média 397,81 kg. Os novilhos eram provenientes de uma única propriedade, a Fazenda Sondotécnica, localizada no município de Engenheiro Navarro-MG. Apresentavam grande semelhança fenotípica e tinham idade entre 24 a 30 meses.

Inicialmente dividiu-se um curral de 40 x 20 metros em 8 baias, e iniciou-se a doma de 32 bois, ficando 4 bois por baia. Antes do início da adaptação às dietas experimentais os animais foram vermifugados com Ivermectina “Pour On”. Em seguida foram submetidos à doma racional. Com duração de 30 dias dessa maneira, sendo que o tratador entrava em cada baia diariamente por 30 min a 1 hora para a doma. Após os 30 dias os animais foram separados, sendo selecionados os 16 bois mais mansos para participar do experimento. Estes últimos eram homogêneos e foram sorteados para definição de qual baia e em qual tratamento o boi ficaria. As baias 1 a 8 foram usadas para o tratamento sorgo moído seco, e as baias de 9 a 16 para o tratamento sorgo reidratado.

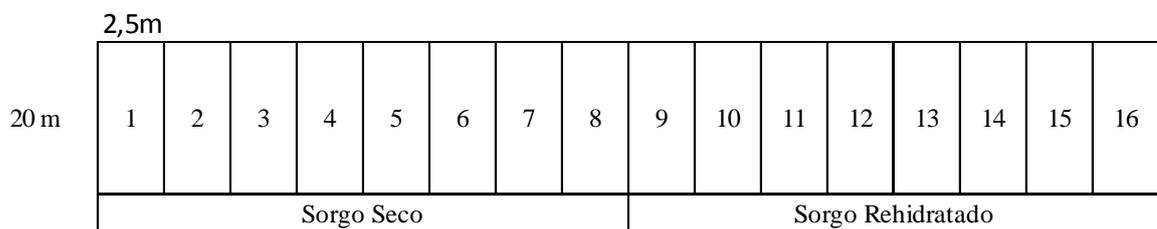


Figura 2 - Croqui das 16 baias utilizadas no experimento



Figura 3 – Imagem das baias experimentais, as mangueiras são utilizadas para jogar água e reduzir a poeira



Figura 4 – Doma Racional e fornecimento de óxido crômico

3.3 Variedade e classificação do Sorgo.

A variedade de sorgo utilizada foi a DKB 599, produzido em plantio comercial no município de Buritis - MG, região noroeste de Minas Gerais. Segundo a empresa produtora de sementes, essa variedade possui grãos vítreos e sem tanino.

O sorgo utilizado foi classificado de acordo com as normas do MAPA como tipo 3, sendo que a melhor classificação seria o tipo 1.

Tabela 4 – Classificação do sorgo utilizado segundo normas do MAPA

Análise	Resultado
Grãos ardidos e/ou brotados	4,24%
Grãos avariados e/ou carunchados	4,12%
Total de grãos avariados	8,36%
Impurezas e fragmentos	2,55%

Nota: De acordo com a portaria 845 do MAPA da classificação de qualidade de milho e sorgo. Tipo I (Max 3% grãos ardidos e brotados, Max 1,5% de impurezas e fragmentos), Tipo II (Max 6% grãos ardidos e brotados, Max 2% impurezas), Tipo III (Max 10% Grãos ardidos e brotados, Max 3% de impurezas e fragmentos)

3.4 Tratamentos e dietas experimentais

O experimento avaliou dois processamentos para o sorgo: grão moído seco, aqui chamado tratamento sorgo seco (SS), e o grão reidratado, moído e ensilado, que será de sorgo reidratado (SR).

Grão moído seco

O grão de sorgo seco foi moído fino em moinho de martelo marca Nogueira, Modelo DPM 4, com uma peneira de 2,50 mm.

Grão de sorgo reidratado

Para efetuar a reidratação, utilizou-se o seguinte processo: O grão de sorgo inteiro foi misturado com água em um tanque de cimento, na proporção de 75 Litros de água para cada 100 kg de sorgo. Essa quantidade de água foi determinada após a observação de qual volume cobriria todo o sorgo. O tanque de cimento utilizado era redondo, possuía dois metros de diâmetro e 70 cm de altura. A lâmina de água ficou por volta de um a dois centímetros acima do sorgo.

Após três dias de molho o sorgo foi retirado da água e deixado para escorrer durante quatro horas. O grão inteiro e úmido se tornou difícil de moer em moinho de martelo, pois ocorria o entupimento da peneira, por isso foi necessário a utilização de uma peneira de oito mm para a moagem, após moído este foi ensilado durante 30 dias em tambores de plástico de 200 Litros. Esse método foi semelhante ao utilizado por Martin et al. (1971).



Figura 4 – Reidratação do sorgo durante três dias

A dieta foi balanceada segundo as normas do NRC (2000) para ganho de peso diário de 1,5 kg/dia, atendendo às exigências de macro e micro nutrientes.

A dieta era composta por silagem de cana com 1% de óxido de cálcio, sorgo em grão seco ou reidratado, semente de algodão inteira com linter, e concentrado protéico, contendo farelo de soja, uréia e núcleo mineral para confinamento.

A formulação das dietas experimentais, expressa em percentual da matéria seca está na Tabela 5. Os alimentos utilizados e a relação concentrado/volumoso 70:30, procurou-se representar as dietas mais comuns nos confinamentos brasileiros de acordo com Millen et al. (2009).

As dietas dos tratamentos SS e SR eram isoprotéicas e isoenergéticas, sendo a única diferença o processamento do sorgo utilizado.

Tabela 5- Formulação das dietas experimentais em percentagem da matéria seca

Ingredientes	Dieta Sorgo Seco	Dieta Sorgo Reidratado
Silagem de Cana	29,00	29,00
Sorgo Seco	46,00	-
Sorgo Reidratado	-	46,00
Caroço de Algodão	14,00	14,00
Concentrado	11,00	11,00
Total	100,00	100,00

A composição do concentrado protéico (Concentrado) utilizado é apresentada na tabela 6.

Tabela 6- Composição do concentrado protéico expressa na matéria seca

Ingredientes	Concentrado protéico
Farelo de soja	83,30
Uréia	6,70
Núcleo Mineral ¹	10,00
Total	100,00

¹ Núcleo Mineral específico para confinamento: (4,31% Ca, 3,31%P, 14,36% Na, 2,95% Mg, 6,72% S, 9,46% K, 6006ppm Zn, 79ppm I, 21,84ppm Se, 1310ppm Cu, 79ppm Co, 3794ppm Mn, 1575ppm Fe, 412ppm F, 2293ppm Monensina).

A composição percentual das dietas experimentais na base da Matéria Natural (MN) é apresentada na tabela 7.

Tabela 7- Composição das dietas experimentais formuladas, expressa na matéria natural (MN)

Ingredientes	Dieta Sorgo Seco	Dieta Sorgo Reidratado
Silagem de Cana	56,91	50,72
Sorgo Seco	28,39	
Sorgo Reidratado		36,18
Semente de algodão	8,13	7,25
Concentrado protéico	6,57	5,85
Total	100,00	100,00

Essa dieta era fornecida aos animais duas vezes ao dia, às 8h e às 17h, em quantidades suficientes para que houvesse cerca de 10% de sobras pela manhã em relação a dieta oferecida no dia anterior. Em função da avaliação das sobras pela manhã ajustava-se a quantidade oferecida no dia em matéria natural.

3.5 Ensaio de consumo e digestibilidade aparente.

Para estimativa de consumo a dieta oferecida e as sobras eram pesadas individualmente, diariamente. Durante o período experimental, o consumo já estava relativamente estabilizado, pois os animais foram adaptados à dieta experimental por 30 dias.

O ensaio teve duração de 10 dias, divididos em dois períodos, sendo o primeiro composto por cinco dias de fornecimento de óxido crômico, o segundo de mais cinco dias com fornecimento de óxido crômico e amostragem de dietas oferecidas, sobras de alimentos e fezes. A coleta de fezes foi realizada duas vezes ao dia, pela manhã e à tarde, imediatamente após a defecação, no chão, tomando-se o cuidado de só retirar a camada superior sem contato com o solo. Amostras de ração oferecida eram colhidas duas vezes ao dia, pela manhã e à tarde, e amostras de sobras uma vez ao dia, pela manhã, após a pesagem das mesmas. Neste momento o cocho era limpo, sendo metade da dieta fornecida às 8h da manhã e a outra metade às 17h.

Para determinação da excreção de MS fecal total foi utilizado o óxido crômico em pó (Cr_2O_3) como indicador externo. Este foi administrado duas vezes por dia em horários fixos, imediatamente antes do arraçoamento dos animais, sendo cada porção de cinco gramas, totalizando dez gramas por dia para cada animal. O óxido crômico foi pesado em balança analítica com precisão de quatro casas decimais e armazenado em envelopes de papel, os quais foram fornecidos aos animais enrolados em uma folha verde. Como os animais estavam domados, eles consumiram a folha naturalmente, sem necessidade de contenção e sem estresse.

A fórmula utilizada para calcular a produção fecal foi:

Cromo Consumido em g = Óxido crômico fornecido g/dia x % de cromo no óxido crômico

Produção Fecal kg/dia = Cromo consumido g/dia ÷ Concentração de cromo nas fezes g/kg

3.6 Análises químicas bromatológicas

As amostras dos alimentos, dietas fornecidas, sobras e fezes devidamente identificadas e guardadas em congelador. Ao final do experimento foram transportados para câmara fria e congelados a -15°C .

Para preparação das amostras para análises, procedeu-se o descongelamento seguido de secagem em estufa de ventilação forçada a 55°C por 72 h. O material pré-seco foi moído a

2 mm e compostado de forma representativa. Para formar uma amostra composta separavam-se porções de mesmo peso de cada sub-amostra coletada por dia de experimento. Ao final desse processo haviam duas amostras de dietas, 16 amostras de sobras, 16 amostras de fezes e uma amostra para cada alimento utilizado.

Para as análises laboratoriais as amostras compostas foram moídas em moinho tipo Wiley com peneira de malha de 1 mm. Do material moído retiraram-se amostras para que fossem avaliadas quanto aos conteúdos de MS, matéria mineral (MM), EE, segundo recomendações de Silva e Queiroz (2002).

Os teores de fibra em detergente neutro (FDN), FDA e lignina foram determinados pelo método sequencial proposto por Van Soest et al. (1991). O teor de PB foi determinado pelo método de Kjeldhal; o nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN) e o nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA) foram determinados utilizando-se os resíduos da FDN e FDA, respectivamente, repetindo-se o processo de determinação da PB, segundo recomendações de Silva e Queiroz (2002).

A porcentagem de carboidratos totais (CHT) foi obtida pela equação proposta por Sniffen et al. (1992), segundo a fórmula: $CHT (\%MS) = 100 - [PB (\%MS) + EE (\%MS) + CINZAS (\%MS)]$.

O FDN foi corrigido para cinzas e proteína (FDNcp), enquanto que os carboidratos não fibrosos (CNF) foram calculados, segundo Kabeya (2000) e Hall (2003), pela diferença entre os CHT e a FDNcp, de acordo com a fórmula: $CNF (\%MS) = (CHT - FDNcp)$.

A determinação das concentrações de cromo foi realizada nas fezes e no óxido crômico através de absorção atômica (Williams et al., 1962).

Para o cálculo do consumo dos nutrientes digestíveis totais (CNDT), foi utilizada a fórmula proposta por Sniffen et al. (1992):

$$CNDT = (CPB - PBf) + 2,25(CEE - EEf) + (CCHOT - CHOTf)$$

Onde CPB, CEE e CCHOT significam, respectivamente, consumo de PB, consumo de EE e consumo de CHOT, enquanto PBf, EEf e CHOTf são as quantidades de PB, EE e CHOT nas fezes, respectivamente.

O amido foi analisado segundo método descrito em (Guia..., 2005), Por esta técnica o amido é hidrolisado com HCL e a glicose livre é titulada com solução de Fehling e azul de metileno. Os açúcares livres presentes na amostra antes da hidrólise também são analisados para serem descontados da glicose produzida pela hidrólise do amido. As análises de amido foram realizadas no sorgo, na ração oferecida e nas fezes. Poucos laboratórios fazem análise de amido, e o custo da análise é bastante elevado, sendo assim, para redução dos custos do experimento o amido não foi analisado nas sobras. O amido nas sobras foi estimado pelo teor de carboidratos não fibrosos (CNF) usando a relação obtida entre o amido e o CNF das dietas oferecidas.

O pH fecal foi determinado conforme Barajas e Zinn (1998). As amostras de dois dias de coleta para manhã e tarde, somando-se quatro amostras por baia foram descongeladas, sendo coletados dois gramas de fezes para cada amostra, totalizando oito gramas de fezes por baia. Os oito gramas de fezes foram misturados com oito gramas de água deionizada e o eletrodo do peagâmetro inserido, sendo tomada a medida pontual de pH.

Para caracterização da silagem foi determinado o pH do sorgo reidratado e ensilado e da silagem de cana, conforme descrito por Silva e Queiroz (2002).

Para caracterizar o tamanho de partícula foi analisado o diâmetro geométrico médio (DGM) das mostras de sorgo seco e sorgo reidratado, já que a peneira dos moinhos eram de diâmetro diferente.

Foram feitas avaliações da quantidade de grãos inteiros presentes em amostras do sorgo e em amostras de fezes do tratamento sorgo reidratado. No sorgo as avaliações foram realizadas por separação manual em quatro réplicas de 20 g de amostra pré-seca, após a separação das sementes inteiras estas foram pesadas em balança de precisão de 0,1 mg, a matéria seca do grão inteiros foi analisado para que se pudesse expressar o valor em percentual da matéria seca.

Para estimar o sorgo inteiro nas fezes, foi agrupado um “pool” de 868 gramas de fezes das oito baias do tratamento grão reidratado, desta amostra foi separada uma porção para análise de matéria seca. A amostra foi lavada e peneirada e procedeu-se a separação manual das sementes inteiras de acordo com Silva (2005), nos grãos separados das fezes foi analisada a matéria seca para se expressar a quantidade de sorgo inteiro nas fezes em percentual da matéria seca.

No sorgo moído em peneira de 2,5 mm não foi observado grão inteiro no produto moído nem nas fezes dos animais deste tratamento.

3.7 Parâmetros adotados nos sistemas de exigência para previsão de consumo de MS

O consumo de matéria seca ocorrido foi comparado com a previsão pelos sistemas NRC 2000 (National..., 2000) , CNCPS V6.1 (Cornell...,2010), Br Corte 2010 (Valadares Filho et al, 2010) . Abaixo estão descritos os parâmetros utilizados nesses sistemas para obter a previsão de consumo de matéria seca

3.7.1 Sistema NRC (2000)

Foi utilizado o Software para cálculo de requisitos do NRC (2000) preenchido da seguinte forma:

Units & Level:

Level: 1 – tabular system

Units: 0 – metric

Feed H2O: 0 – Dry matter

Describe Animal

Animal Type: 1- growing and finishing

Sex: 1 – Bull

Body Weigth: 464 kg

Condition Score : 5 (1-9)

Breeding System: 1- straightbred ,

Animal Breed: 17 – Nelore

Management Factors

Additive: 2 – Ionophore

On pasture ? No

Describe Environment

Wind speed: 5 kph

Previous Temp: 27 degrees c

Current Temp: 27 degrees c

Night Cooling: 1 no

Hair Depth: 0,2 cm

Hair: 1 thin

Hair coat: 1 Clean & Dry

Heat Stress: 1 none

Describe Feed

A composição da dieta foi preenchida com os alimentos utilizados no experimento, ou o alimento mais próximo disponível no software, ajustou-se a composição e quantidade consumida para cada alimento.

Alimentos Utilizados:

428 - Sorghum Dry Grain

114 - NapiergrFresh 60 day DM

416 -CottonseHigh Lint

517- Soybean Meal 44

522 - Urea

999 – Minerals

3.7.2 Sistema de Cornell (CNCPS v6.1.42)

Foi utilizado o Software CNCPS v6.1.42, preenchido conforme descrito abaixo:

Cattle Inputs

Animal Type: Growing/Finising

Age (Months) : 32

BCS (1-9): 6

Breed Type: Beef

Breeding System: straightbred ,

Primary Breed: Nellore

Additive: Ionophore

Hair deph (cm): 0,2

Coat condition: Clean and Dry

Painting: none

How to compute Gain? Use imputted ADG

Mean SBW (kg): 445

Mean FBW (kg): 464

Final SBW (kg): 540

Final FBW (kg): 563

ADG (kg/day): 1.5

Final Body Fat: 23

Menu Feeds e Recipes (Alimentos e Dieta)

A dieta foi preenchida com alimentos utilizados no experimento, ou o alimento mais próximo disponível no software, alterou-se a composição do alimento no menu Feeds pelos resultados do experimento, em “Recipes” foi inserido o consumo médio observado de cada alimento obtido no experimento.

3.7.3 Tabela Br-Corte

Foi utilizada a equação de predição de consumo de matéria seca sugerida para bovinos nellore descrita na página 8 da tabela BR-Corte (2010)

$$\text{CMS} = -2,7878 + 0,08789\text{PVM}^{0,75} + 5,0487\text{GMD} - 1,6835\text{GMD}^2$$

3.8 Parâmetros usados para a estimativa do NDT pela composição da dieta

O teor de NDT encontrado no experimento foi comparado com o calculado de acordo com tabelas de composição de alimentos do NRC (2000) e CQBAL 3.0, e também pelas equações de estimativa de NDT do NRC 2001 (NATIONAL..., 2001) e BR Corte (2010).

Abaixo estão as premissas adotadas.

3.8.1 Sistema NRC (2000)

Levantamento do teor de NDT tabular para os alimentos da dieta, estimativa de NDT da dieta foi calculado em função do percentual do alimento na dieta multiplicado pelo teor de NDT descrito na tabela.

3.8.2 Tabela CQBAL 3.0

Levantamento do teor de NDT médio descrito no siste da Tabela CQBAL 3.0 para os alimentos da dieta, estimativa de NDT da dieta em função do percentual do alimento na dieta multiplicado pelo teor de NDT médio para o alimento.

3.8.3 Equação para cálculo do NDT pelo NRC 2001

Utilizamos a equação 2-5

$$\text{Eq. 2-5: } \text{NDT}_{1x} = \text{CNFd} + \text{PBd} + (\text{AGd} \times 2,25) + \text{FDNd} - 7$$

Onde:

CNF verdadeiramente Digestível (CNFd)

$$\text{Eq.2-4a: } \text{CNF d} = 0,98 (100 - [\text{FDN} - \text{PIDN}] + \text{PB} + \text{EE} + \text{CZ}) \times \text{paf} \text{ (utilizamos o } 0,96 \text{ para fator processamento, tabela 2-1 NRC (2001))}$$

PB verdadeiramente digestível para forragem (PBdf)

$$\text{Eq.2-4b: } \text{PBdf} = \text{PB} \times \exp[-1,2 \times (\text{PIDA} / \text{PB})]$$

PB verdadeiramente digestível para concentrado (PBdc)

$$\text{Eq.2-4c: } \text{PBdc} = [1 - (0,4 \times (\text{PIDA} / \text{PB}))] \times \text{PB}$$

Acidos graxos verdadeiramente digestíveis (AG d)

$$\text{Eq.2-4d: } \text{AG d} = \text{AG} (\text{AG} = \text{EE} - 1)$$

FDN verdadeiramente digestível (FDNd)

$$\text{Eq.2-4e: FDN d} = 0,75 \times (\text{FDNn} - L) \times [1 - (L/\text{FDNn})^{0,667}]$$

3.8.4 Equação para cálculo do NDT pelo BR-Corte (2010)

Equação 18

$$\text{NDT} = \text{PBvd} + \text{CNFvd} + \text{FDNvd} + 2,25 \times \text{EEvd} - \text{FM ndt}$$

Onde:

PBvd = Proteína bruta verdadeiramente digestível

$$\text{Equação 17: PBvd} = 0,98 \times (\text{PB} - \text{PIDN}) + 0,67 \times \{\text{PIDN} \times [1 - e^{-(0,8188 + 1,1676 \times \text{PIDA})}]\}$$

CNFvd = Carboidrato não fibroso verdadeiramente digestível

$$\text{Equação 10: CNFvd} = 0,95 \times \text{CNF}$$

FDNvd = Fibra detergente neutro verdadeiramente digestível

$$\text{Equação 12: FDNvd} = 0,67 \times \{(\text{FDNcp} - L) \times [1 - (L/\text{FDNcp})^{0,85}]\}$$

EEvd = Extrato etéreo verdadeiramente digestível

$$\text{Equação 19: EEvd} = 0,86 \times \text{EE}$$

FM ndt = fração metabólica fecal para o computo do NDT

$$\text{FMndt} = 7,16$$

3.8 Delineamento estatístico

O delineamento estatístico utilizado foi o inteiramente casualizado, sendo dois tratamentos, sorgo seco e sorgo reidratado, e oito repetições por tratamento. A unidade amostral correspondia a um indivíduo por baía.

O esquema de análise de variância utilizado foi o seguinte:

Fontes de variação	Graus de liberdade
Total	15
Tratamentos	1
Erro	14

Os parâmetros analisados foram submetidos à análise de variância, utilizando-se o pacote estatístico SAEG versão 9.1 (UFV-Viçosa, 2007) e as médias comparadas pelo teste F (Fisher) ao nível de 5% de probabilidade ($p < 0,05$).

4- RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Composição química e bromatológica dos alimentos e dietas experimentais.

Os resultados das análises químicas dos alimentos que foram utilizados no experimento estão dispostos na Tabela 8.

Tabela 8 - Composição bromatológica dos alimentos utilizados, nutrientes expressos em percentual da matéria seca (MS) e pH da silagem de cana e da silagem de sorgo reidratado

Ingrediente	MS	PB	FDN	FDNcp	FDA	EE	MM	Lig	CNF	Amido	pH
Cana	27,2	6,7	60,61	55,8	40,9	2,4	11,0	7,3	24,17	-	4,22
SS	86,4	8,2	15,75	13,6	6,9	4,5	2,5	1,2	71,26	65,44	-
SR	60,4	8,2	11,11	9,7	5,6	4,0	2,9	0,9	75,21	57,42	4,03
CA	91,8	23,6	60,03	55,6	51,4	18,5	4,0	13,1	-1,76	-	-
CP	89,3	52,3	17,42	13,1	10,3	3,2	23,5	1,4	7,92	-	-

Cana = Cana ensilada; SS = Sorgo Seco; SR = Sorgo Reidratado; CA = Sementes de Algodões inteiras; CP = Concentrado Protéico; MS = Matéria Seca; PB = Proteína Bruta; FDN = Fibra detergente neutro; FDNcp = Fibra Detergente Neutro corrigido para cinzas e proteína; FDA = Fibra em Detergente Ácido; EE = Extrato Etéreo; MM = Matéria Mineral; Lig = Lignina; CNF = Carboidratos Não Fibrosos

Observando a tabela 8, verifica-se que os valores de FDN e FDA foram menores nas amostras de sorgo reidratado, sendo a FDN de 13,6 e 9,7% para o sorgo seco e reidratado, respectivamente, e a FDA de 6,9 e 5,6%, respectivamente com a reconstituição. O teor de amido também foi reduzido de 65,44 para 57,42 com o tratamento.

Assim, foi possível notar que a reidratação e possivelmente a fermentação por três dias, reduziu o teor de carboidratos da parede celular, bem como do amido. Porém os teores de CNF mostram-se superiores para este tipo de sorgo.

Para se analisar a FDN de alimentos ricos em amido é necessário a adição de alfa-amilase antes do tratamento com detergente neutro para evitar que o resultado de fibra seja superestimado. Pérez-Hidalgo et al. (1997) citaram que utilizando-se Termamyl pode ter ocorrido insuficiente hidrólise de amido em análise de feijão e lentilhas, superestimando o teor de FDN. Essa hipótese pode sugerir que o amido mais processado do grão reconstituído quando finamente moído para análise, foi mais susceptível a alfa-amilase resultando em menor teor de FDN.

Sendo assim, a redução da FDN observada no sorgo reidratado e ensilado (tabela 8), indica que esse processamento pode ter melhorado a digestibilidade do amido.

Outra hipótese é que o processamento alterou o teor de fibra do sorgo. Vidal-Valverde e Frias (1992) observaram redução no teor e aumento da digestibilidade do amido, e redução da FDN em lentilhas germinadas. Em outro estudo de Vidal-Valverde, (1993), o autor encontrou redução significativa nos teores de FDN e celulose de lentilhas moídas e fermentadas por quatro dias, o que poderia explicar a redução nos teores de FDN e FDA encontrados na dieta com sorgo reidratado.

O percentual de amido encontrado no sorgo após a reconstituição foi menor que no grão seco, sendo o teor no sorgo seco de 65,44 e no sorgo úmido de 57,42%. Yan et al. (2009) também encontraram redução no teor de amido em sorgo germinado por mais de três dias. Balogun et al. (2005) não encontraram nenhuma mudança no teor de amido para o sorgo germinado e reidratado em relação ao sorgo seco.

Na tabela 8 também podemos observar a diferença significativa entre a FDN e a FDNcp, isso demonstra a importância de se fazer a correção da FDN para cinzas e proteínas.

Tabela 9 – Composição das dietas e composição química e bromatológica da dieta formulada, em função das análises dos alimentos, valores expressos em percentual da matéria seca

Ingredientes	Dieta	Dieta
	Sorgo Seco	Sorgo Reidratado
	Composição da dieta	
Silagem de Cana	25,49	26,07
Sorgo Seco	48,46	-
Sorgo Reidratado	-	47,36
Caroço de algodão	14,48	14,73
Concentrado protéico	11,57	11,83
Total	100,00	100,00
	Composição Química	
MS	56,02	49,12
PB	15,15	15,30
FDN cp	30,36	28,86
FDA	22,40	22,12
EE	5,82	5,61
MM	7,30	7,61
Lig.	4,49	4,42
CNF	41,60	42,86
Amido	33,21	28,73

MS = Matéria Seca; PB = Proteína Bruta; FDNcp = Fibra Detergente Neutro corrigido para cinzas e proteína; FDA = Fibra em Detergente Ácido; EE = Extrato Etéreo; MM = Matéria Mineral; Lig = Lignina; CNF = Carboidratos Não Fibrosos

Na Tabela 10 encontram-se os resultados das análises químicas e bromatológicas das dietas experimentais. Os resultados encontrados foram próximos dos calculados na Tabela 9. Pode-se inferir então, que a dieta estava bem misturada e que as amostras foram representativas. No geral, os resultados para os diferentes tratamentos foram próximos, apenas a FDN e FDA apresentaram-se um pouco abaixo do esperado no tratamento Sorgo reidratado. O menor teor de umidade na dieta SR é devido a maior umidade do sorgo reidratado.

Tabela 10 - Composição química bromatológica observada nas dietas oferecida, expresso em percentual da matéria seca

	Tratamentos	
	Dieta Sorgo Seco	Dieta Sorgo Reidratado
MS	58,41	51,40
PB	14,50	14,87
FDN cp	31,81	28,70
FDA	22,25	18,37
EE	4,25	4,79
MM	8,49	8,25
Lig.	3,52	3,28
CNF	40,94	43,39
Amido	32,88	32,70

MS = Matéria Seca; PB = Proteína Bruta; FDNcp = Fibra Detergente Neutro corrigido para cinzas e proteína; FDA = Fibra em Detergente Ácido; EE = Extrato Etéreo; MM = Matéria Mineral; Lig = Lignina; CNF = Carboidratos Não Fibrosos.

4.2 Avaliação do processo de reconstituição do sorgo

4.2.1 Teor de umidade

Com a adição de água ao sorgo seco elevou-se a umidade do grão de 13,6 para 39,6%. Esta porcentagem de umidade foi semelhante à obtida por Martin et al. (1970), que também reconstituíram o grão inteiro deixando-o de molho por três dias na água e obtiveram 38,2% de umidade. Simpson et al. (1985), submergindo o grão de sorgo inteiro na água por 21 horas obtiveram um aumento da umidade do grão de 9,8% para 39,8%, valor próximo ao valor obtido neste experimento. Provavelmente esse valor de 38 a 40% de umidade está próximo ao limite de reidratação que se consegue obter com adição de água ao grão seco.

4.2.2 Pré-germinação

Conhecer melhor a pré-germinação faz-se necessário para que se possa ter melhor controle da reconstituição do grão inteiro. Segundo Balogun et al. (2005), a presença do oxigênio é essencial neste processo, portanto pode ser preciso uma estrutura que permita a manutenção de umidade e oxigênio ao mesmo tempo, em condições de campo.

Na preparação do sorgo deste experimento pode ser que a cobertura total do grão pela água tenha prejudicado o processo de germinação, pois poucos grãos apresentavam radículas. Observa-se na Figura 6 no anexo 2 como o sorgo estava no dia da moagem.

Para reconstituir o sorgo, Simpson et al. (1985) deixaram-no de molho por 21 horas. Após este período, drenou-se a água em excesso e o sorgo foi exposto à atmosfera por mais 21 horas. Os autores supra citados, afirmaram que ao final deste processo foram produzidos alguns grãos com 5 a 6 mm de radículas, e um material com cheiro de levedura após a laminação. Martin et al. (1970) relatam, em seus estudos, que após a reconstituição do grão inteiro, havia considerável brotação. Vale lembrar que as literaturas consultadas não foram claras em relação ao grau de germinação que o grão inteiro deve apresentar para se obterem os benefícios dessa técnica na reconstituição do sorgo.

Alguns ensaios foram realizados com a finalidade de se definir qual a metodologia a ser adotada neste experimento. Nestes conseguiu-se melhor germinação do sorgo quando este foi umedecido, mas não ficou totalmente coberto pela água. A figura 5 no anexo 2 mostra aspecto do sorgo pré-germinado. Neste experimento manter o grão do sorgo inteiro úmido sem que o mesmo fosse totalmente submerso na água foi difícil. Se fosse adicionada pouca água, esta ficava no fundo do recipiente e o sorgo da parte superior não era umedecido. Quando se cobria todo o grão com água este absorvia rapidamente a umidade (12 a 24 h) e aumentava de tamanho. Sendo assim, uma possível solução seria deixar o grão de molho por um determinado período, drenar a água e aguardar um tempo para que a germinação ocorresse.

4.2.3 Qualidade da Silagem do sorgo reidratado

No momento da abertura dos silos, o material já moído que ficou armazenado nos tambores por 30 dias tinha cheiro característico de silagem de grãos úmidos. Como os tambores permitiam uma boa vedação e compactação, não foi observada perda de silagem. O confinamento comercial onde o experimento ocorreu também estava reconstituindo sorgo e armazenando em silos trincheira. Observou-se que o material ficou bem preservado neste tipo de silo.

O pH do sorgo reidratado e ensilado usado no experimento foi de 4,03, sendo um valor observado em silagem de grãos úmidos (Huck et al., 1999; Pieper et al., 2010). A umidade acima de 35% deve ter contribuído para uma boa fermentação e abaixamento do pH.

A importância da umidade no abaixamento do pH foi observada por Huck et al. (1999), que obtiveram pH 4,0 para sorgo reidratado e ensilado com 35% de umidade e pH mais alto de 4,5 e 5,5 para sorgo reidratado a 30 e 25% de umidade, respectivamente. Pieper et al. (2010) também observaram pH de 3,9 e 6,05 para o trigo umedecido e ensilado com 34,6 e 24,7% de umidade, respectivamente.

Como o objetivo não era caracterizar a silagem do sorgo reidratado o único parâmetro de qualidade determinado foi o pH.

4.2.4 Tamanho das partículas

Podemos observar na tabela 11 que o tamanho das partículas do sorgo reidratado moído em peneira de 8 mm foi maior que para o sorgo seco moído em peneira de 2,5 mm.

Tabela 11 – Caracterização do diâmetro geométrico médio (DGM) do sorgo

DGM sorgo tamanho em μm	seco 551,33	reidratado 809,73
Retenção de partículas		
	Tratamento	
Abertura	Seco	Reidratado
4 mm	0%	0%
2 mm	0%	13%
1,19 mm	11%	21%
0,595 mm	46%	32%
0,297 mm	22%	22%
0,149 mm	8%	7%
passando para o fundo	13%	5%

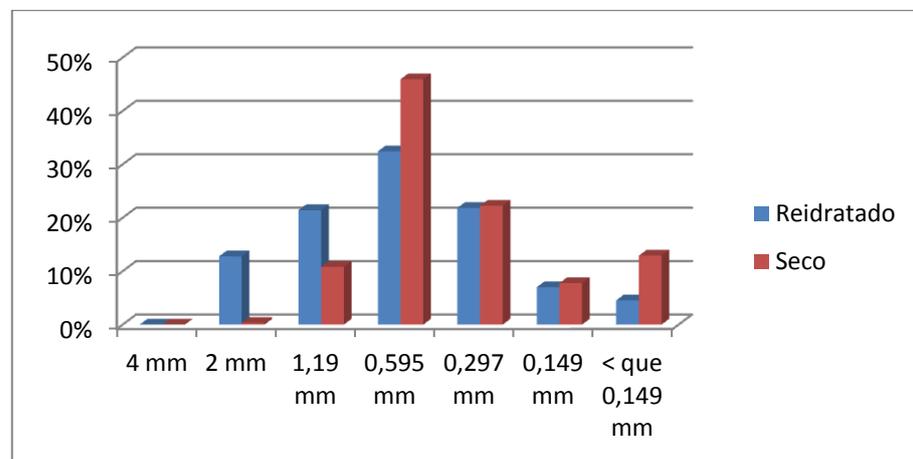


Figura XX – Avaliação do percentual de partículas de sorgo retidas em furos de tamanhos diferentes

Além do maior tamanho de partícula a peneira de oito mm utilizada para moer o sorgo reidratado permitia que parte dos grãos ficassem inteiros após a moagem. Na Tabela 12 pode-se verificar quatro avaliações da quantidade de grãos inteiros que havia no sorgo reidratado e moído em peneira de oito mm.

Tabela 12 – Grãos inteiros no sorgo reidratado, expressos em percentual da matéria seca

Réplicas de amostras do Sorgo Reidratado	%
1	13,83%
2	7,15%
3	7,81%
4	9,65%
Média	9,61%
Desvio Padrão	3,01%

O teor médio de grãos inteiros de 9,61% no sorgo após a moagem demonstra que o moinho de martelo com peneira de 8 mm não é adequado para moer o grão de sorgo umedecido. Como o grão de sorgo é muito pequeno a maior parte dos grãos inteiros podem ser perdidos nas fezes, reduzindo a digestibilidade do sorgo consumido.

Hicks e Lake (2006) sugerem que para se obter uma silagem de milho úmido com alta digestibilidade esta deve conter no máximo 2,5% de grãos inteiros, isso tem sido possível com moinhos adaptados, associando-se rolos e martelos.

4.3 Consumo e digestibilidade da matéria seca

O consumo e a digestibilidade da matéria seca estão descritos na Tabela 13. Nota-se que não houve efeito ($P > 0,05$) do processamento do sorgo sobre o consumo diário e a digestibilidade de matéria seca e de matéria orgânica.

Em relação ao consumo, os valores encontrados para o processamento seco e para o grão reidratado foram de 10,86 e 10,83 kg de MS respectivamente. O consumo em relação ao peso vivo e ao peso metabólico foi um pouco menor em se tratando do grão reidratado, no entanto, essa diferença não foi significativa.

Esperava-se um menor consumo de matéria seca para os animais que haviam recebido o sorgo processado, já que o processamento deveria elevar o nível de energia da dieta. Entretanto, observou-se a seguinte questão: para que o consumo fosse reduzido a dieta teria que ter um nível de energia acima de 66,7% (Conrad et al., 1964), a partir do qual a regulação do consumo se desse pelo teor energético da dieta. Já o NRC 2000 cita o valor aproximado de 70% de NDT. Aqui, pode-se inferir que a digestibilidade obtida das dietas por volta de 67% está numa zona de transição, e uma pequena elevação no teor energético não foi suficiente para modificar o consumo.

Oba e Allen (2003), trabalhando com vacas em lactação alimentadas com alto e baixo teor de milho, e fornecido seco ou úmido encontraram redução de consumo no tratamento com milho úmido para o nível mais elevado de milho. No entanto o consumo foi semelhante para tratamento submetido ao nível mais baixo de milho.

Tabela 13 – Consumo de matéria seca expresso em kg/dia (CMS), em percentagem do peso vivo (CMS%PV) e em g de MS por unidade de tamanho metabólico (CMSUTM), produção fecal em kg/dia (PFECAL), digestibilidade aparente da matéria seca expressa em percentagem (DMS), consumo de matéria orgânica (CMO) expresso em kg/dia e digestibilidade da matéria orgânica em percentagem (DMO)

	Tratamentos		
	Sorgo Seco	Sorgo Reidratado	CV
Peso médio kg	458,23	470,87	-
CMS	10,86a	10,83a	9,01
CMS%PV	2,37a	2,30a	8,10
CMSUTM	109,71a	107,00a	7,22
PFECAL	3,56a	3,58a	11,94
DMS	67,29a	66,94a	2,70
CMO	9,89a	9,89a	9,02
DMO	68,28a	68,26a	2,92

Valores seguidos de letras diferentes nas linhas diferem $p < 0,05$ pelo teste F. CV= Coeficiente de variação

Comparamos o consumo observado com a previsão do sistema de requisitos NRC (2000), Sistema de Cornell CNCPSv6.1.42, 2010), e com a tabela BR-Corte (2010). O consumo predito pelo sistema tabular nível 1 do NRC (2000), sugere consumo de 9,33 kg de MS, ajustando-se parâmetros para raça, peso vivo e composição da dieta. Sendo assim, o consumo predito pelo NRC (2000) foi 16,2% menor que o consumo obtido durante o experimento.

Pelo sistema de Cornell (CNCPSv6.1, 2010) o consumo previsto foi de 10,67 kg de MS, apenas 2% menor que o observado. Foi observado que a variável gordura corporal interfere bastante na previsão pelo modelo do CNCPS, o consumo ficou mais próximo do real quando reduzimos a gordura corporal “default” do programa de 28% para 23%, o teor de gordura corporal foi estimado para inserir no modelo segundo equação citada por Marcondes et. al (2010).

A equação proposta na tabela BR-Corte estimou o consumo em 9,46 kg/dia, 14,5% abaixo do valor aqui observado.

Lana e Junior (2002), comparando os consumos previstos pelo NRC (2000) e CNCPS (1996) para raça nelore com os obtidos em diversos experimentos brasileiros, encontraram valores 12 e 13% menores que o consumo real para o NRC e para o modelo CNCPS, respectivamente. O consumo de matéria seca tem sido o parâmetro de previsão mais difícil por um sistema de requisitos nutricionais, pois é grande o número de variáveis do animal, da dieta e do ambiente que podem interferir no consumo.

O coeficiente de variação (CV) para o consumo de matéria seca foi de 9,0%, abaixo da média obtida por Marcondes et al. (2008), que foi de 11,18%, demonstrando pouca instabilidade desta variável e um bom controle experimental.

As digestibilidades da matéria seca e da matéria orgânica foram semelhantes entre os tratamentos, indicando que o processamento utilizado não foi eficiente em melhorar a digestibilidade da dieta, ou que a melhora obtida na digestibilidade do sorgo não foi suficiente para

causar mudança na digestibilidade da dieta, uma vez que o sorgo representava 47,36% da matéria seca da dieta.

Revisando-se dados de digestibilidade da matéria seca em experimentos com processamentos de grãos, verificou-se que a maioria deles relatam aumento da digestibilidade da matéria seca quando há efeito do processamento na digestibilidade do grão.

A tabela 14 mostra efeito do processamento de grãos na digestibilidade do amido e da matéria seca obtido por três autores.

Tabela 14 – Comparação da digestibilidade aparente da matéria seca e digestibilidade aparente do amido em uma mesma dieta, dados da literatura

Autor	Grão mais processado (Úmido ou Floculado)		Grão menos processado (Laminado ou Moído)	
	DMS	DAm.	DMS	DAm.
Axe et al (1987)	87,9	97,6	77,7	90,9
Chen et al. (1994)	67,2	97,7	59,5	91,3
Passini et al (2002)	74,08	91,42	68,38	81,87

Valores expressos em percentagem da MS. DMS=digestibilidade da matéria seca da dieta; DAm.=Digestibilidade total do amido da dieta.

O aumento observado da digestibilidade na matéria seca pelos autores citados na tabela 14 pode indicar que existe interação da digestibilidade do amido com a digestibilidade da matéria seca, já que o aumento na DMS é maior que o esperado em função dos teores de amido das dietas.

Segundo Zinn (2002), quando o milho é floculado, pelo aumento da energia líquida que ocorre, apenas o aumento da disponibilidade do amido do grão não explicaria o aumento na energia líquida ocorrido, o autor estima que ocorre um aumento de 10% na digestibilidade dos demais nutrientes do grão. No presente experimento isso não ocorreu, pois a digestibilidade da MS e da MO foram semelhantes entre os tratamentos.

Gabarra (2001), encontrou 89,22% contra 98,56% para digestibilidade do amido de milho moído e milho floculado respectivamente, mas não encontrou diferença na digestibilidade aparente da matéria seca que foi de 74,7% e 71,8% para milho moído e milho floculado respectivamente.

Com o processamento, também pode ocorrer interação negativa, causando redução na digestibilidade da matéria seca, pois a maior fermentação de amido no rúmen como resultado do processamento poderia reduzir o pH e piorar a digestibilidade da fibra. Isso ocorreu no experimento de Gabarra (2001), em que a substituição do milho moído pelo milho floculado reduziu a digestibilidade da FDN de 41,83% para 12,06%.

4.4 Consumo e digestibilidade do amido e dos carboidratos não fibrosos

Os tratamentos não impuseram alteração nos consumos de carboidratos não fibrosos e amido, o mesmo ocorreu com suas digestibilidades. (Tabela 15)

A digestibilidade total do amido para o sorgo reidratado foi semelhante à do sorgo moído seco (80,29 x 79,66%). A maior parte dos trabalhos revisados relatou aumento da digestibilidade do amido no trato total quando o sorgo reidratado foi comparado ao sorgo seco. Simpson et al. (1985) observaram aumento na digestibilidade do amido de 79,0 para 94,03% para o sorgo reidratado em relação ao sorgo laminado a seco. Stock et al. (1987) observaram elevação na digestibilidade do amido de sorgo reidratado de 84,6 para 91,1 em relação ao grão laminado a seco. As variações nos resultados podem ter como causa as diferentes formas de reconstituição, bem como a variedade do sorgo, Balogun et al. (2002) observou que o nível de resposta a reconstituição depende do tipo de sorgo utilizado.

Tabela 15- Consumo de carboidrato não fibroso em kg/dia (CCNF), digestibilidade de carboidratos não fibrosos em percentagem (DCNF), consumo de amido em kg/dia (CAm), amido fecal em kg/dia (Am. Fec kg), amido nas fezes em percentagem (Am. Fec%), digestibilidade aparente do amido em percentagem (DAm) e grãos de sorgo inteiro nas fezes em percentagem (GS inteiro %)

	Tratamentos		CV
	Sorgo Seco	Sorgo Reidratado	
CCNF	4,21a	4,45a	8,98
DCNF	89,47a	89,49a	3,76
CAm.	3,38a	3,35a	8,93
Am. Fec kg	0,69a	0,66a	-
Am. Fec %	19,33a	18,44a	10,82
DAm.	79,66a	80,29a	3,61
GS inteiro %	-	4,40	10,82

Valores seguidos de letras diferentes nas linhas diferem $p < 0,05$ pelo teste F. Valores expressos em matéria seca. CV= Coeficiente de variação

Um trabalho de Bade et al. (1972) comparou a digestibilidade do amido do sorgo moído seco ou reidratado e encontrou maior digestibilidade para o reidratado (85,7 x 92,4%). McNeill et al. (1971) compararam o sorgo seco e o sorgo reidratado moído em uma mesma peneira de 6,35 mm e encontraram diferença pequena (96,7 x 99,4%) mas significativa na digestibilidade do amido.

Uma revisão de Theurer (1986) apresentou três trabalhos comparando a digestibilidade do amido do sorgo seco com sorgo reidratado. O valor médio encontrado foi de 91,56% de digestibilidade para o amido do grão seco e 97,46% para o amido do grão reidratado.

No presente trabalho, foram levantadas algumas hipóteses para a ausência de resposta da reconstituição na digestibilidade do amido. A primeira é que o maior tamanho de partícula do sorgo reidratado e os grãos que saíram inteiros do moinho reduziram a digestibilidade potencial do amido deste tratamento. Neste experimento o grão úmido teve que ser moído em peneira de oito mm, pois a umidade de 39,6% do grão reidratado inteiro dificultava a moagem em peneira mais fina. Sendo assim, as partículas eram maiores e uma parte dos grãos saía inteira do moinho. Na tabela 12 pode-se observar que a média de grãos inteiros foi de 9,6% no grão reidratado após a moagem.

Verifica-se na tabela 15 o valor de 4,40% de grãos de sorgo inteiros nas fezes de animais do tratamento sorgo reidratado, indicando perda de nutrientes para esse tratamento.

Outra hipótese considerada é que a pré-germinação não foi conseguida pelo processo de reconstituição utilizado, e por este motivo não ocorreram mudanças significativas no endosperma do grão em decorrência da pré-germinação, conforme citado na literatura. Vários trabalhos relatam a importância da pré-germinação do sorgo para se obter resultado na reconstituição (Neuhaus e Totusek, 1971; Pflugfelder e Rooney, 1986; Balogun et al., 2005).

Os valores obtidos para teor de amido nas fezes, de 18,44 e 19,33%, correspondem a variação observada por Caetano (2008) para dietas com sorgo, que obteve uma média de 13,2% ($\pm 8,13$) para amido nas fezes de animais confinados consumindo sorgo como fonte principal de amido e 8,6% ($\pm 5,76$) quando a fonte principal de amido era o milho. O autor analisou 451 amostras de fezes e observou variação linear da perda de amido em função do aumento do sorgo na dieta.

Os valores encontrados da digestibilidade do amido de 79,66 a 80,29 foram próximos aos reportados por Passini et al. (2002) de 81,87% para dieta contendo sorgo colhido com 26% de umidade e menor que os 91,42% também obtido por Passini et al. (2002) para o milho úmido.

Theurer (1986) revisando a literatura, citou o valor médio de 91% para a digestibilidade total do amido em dietas com 78% ou mais de sorgo processado de diferentes maneiras.

No presente trabalho os valores observados em relação a literatura podem estar ligados ao maior teor de volumoso, ao maior consumo de matéria seca e a possível maior taxa de passagem, o que poderia provocar redução na digestibilidade. Os efeitos do consumo e da taxa de passagem são citados por Owens e Zinn (2005) para explicar a menor digestibilidade do amido em vacas de leite em relação a novilhos confinados.

Na literatura valores citados de digestibilidade de amido para milho brasileiro moído seco estão em torno de 89,22% (Gabarra, 2001), 90,1% (Borges et al., 2008), 86,3 e 88,3% (Gonçalves et al. 2010).

O consumo e a digestibilidade dos carboidratos não fibrosos foram semelhantes entre os tratamentos (Tabela 15). A digestibilidade média dos tratamentos de 89,48 para carboidratos não fibrosos (CNF) foi maior que os valores citados por Lopes et al. (2007) de 75,47% em dietas com silagem de cana de açúcar em ovinos. Pina et al. (2010) encontraram valores de 81,5 a 85,90% de digestibilidade dos CNF para dietas com cana de açúcar e concentrado em novilhas nelore.

4.5 Avaliação do pH fecal

Foi observado efeito significativo ($P < 0,05$) do processamento do sorgo sobre o pH das fezes, sendo o pH fecal para o tratamento sorgo reidratado maior que o obtido para o tratamento sorgo seco, como pode ser observado na Tabela 16.

Normalmente o pH fecal é avaliado imediatamente após a coleta das fezes, entretanto nesse experimento analisou-se o pH após o congelamento das fezes. Simpson et al. (1985) também analisou o pH em fezes que foram congeladas.

Tabela 16 –pH fecal

	Tratamento		
	Sorgo Seco	Sorgo Reidratado	CV
pH fecal	6,23a	6,74b	5,55

Valores seguidos de letras diferentes nas linhas diferem ($p < 0,05$) pelo teste F. CV= Coeficiente de variação

Uma explicação para o menor pH fecal para a dieta sorgo seco seria uma maior quantidade de amido ter sido fermentado no ceco e intestino grosso, um processo menos desejável e menos eficiente que a digestão no trato anterior (rúmen e intestino delgado). O amido que escapa da digestão do rúmen e do intestino delgado chega ao intestino grosso e é fermentado a ácidos graxos voláteis. A fermentação do amido no intestino grosso é pouco eficiente na recuperação de energia do grão, além de promover a perda de proteína microbiana nas fezes (Reynolds, 2006).

Segundo Depenbusch et al. (2008), a quantidade de amido que está sendo fermentado no intestino grosso reduzirá o pH das fezes em função da produção de ácidos graxos voláteis. Os processamentos mais intensos como a ensilagem e a floculação dos grãos aumenta a digestão do amido no trato anterior, sendo que menos amido chega ao intestino grosso (Theurer, 1986; Owens e Zinn, 2005; Reynolds, 2006).

Oliveira et al. (1995) observaram aumento na digestibilidade ruminal do amido de sorgo floculado, redução pela metade do fluxo duodenal de amido e aumento significativo do pH fecal de vacas em lactação (6,30), comparado à dieta com sorgo seco laminado (6,14). Da mesma forma Barajas e Zinn (1998) e Depenbusch et al. (2008) encontraram aumento significativo no pH fecal de bovinos recebendo milho floculado em relação aos que recebiam milho seco laminado.

Diversos autores apresentam associação entre pH fecal e fermentação de amido no intestino grosso (Wheeler e Noller, 1977; Channon et al., 2004). Diez-Gonzalez, et al. (1998) mostraram maior redução no pH do cólon que no pH ruminal quando utilizaram 0, 45 e 90% de milho laminado para bovinos confinados. O tamanho de partícula que chega ao intestino grosso também interfere na digestão (fermentação) do amido neste local, sendo maior para o grão moído fino (Rémond et al., 2004). Galyean et al. (1979) observaram que quando o milho foi fornecido inteiro o pH fecal foi maior que nas fezes de bovinos que receberam milho moído, apesar do teor de amido fecal ser maior na dieta com o grão inteiro.

Neste experimento, para o tratamento sorgo reidratado uma parte dos grãos chegaram intactos ao intestino grosso, e não foram fermentados neste sítio, podendo ser a causa do maior pH fecal dos novilhos desse tratamento.

Como a digestibilidade do amido foi semelhante e menos amido do sorgo reidratado deve ter sido fermentado no intestino grosso, maior quantidade de amido deve ter sido digerido no rúmen e intestino delgado para o tratamento sorgo reidratado e ensilado.

Caetano (2008) não observou diferença no teor de amido nas fezes para diferentes fontes de amido (milho ou sorgo), mas observou diferença significativa no pH fecal, sendo o pH maior para as dietas com milho e menor para as dietas com sorgo. Podendo indicar que o sorgo seco é menos digerido no trato anterior que o milho, e maior quantidade de sorgo chega ao intestino grosso e é ali é fermentado.

4.6 Consumo e digestibilidade da Proteína Bruta e do Extrato etéreo

Não houve diferença entre os tratamentos para consumo e digestibilidade da PB e digestibilidade do EE, sendo que os valores encontrados estão na Tabela 17.

Tabela 17 - Consumo de proteína bruta kg/dia (CPB), digestibilidade aparente da proteína bruta em percentagem (DPB), consumo de extrato etéreo em kg/dia (CEE), digestibilidade aparente do extrato etéreo em percentagem (DEE)

	Tratamentos		
	Sorgo Seco	Sorgo Reidratado	CV
CPB , Kg	1,59a	1,63a	8,70
DPB (%)	64,92a	65,46a	4,70
CEE, Kg	0,45a	0,53b	11,49
DEE (%)	83,58a	85,68a	6,31

Valores seguidos de letras diferentes nas linhas diferem $p < 0,05$ pelo teste F. Valores expressos em matéria seca. CV= Coeficiente de variação

Simpson et al. (1985) não encontraram diferença na digestibilidade da proteína comparando o sorgo laminado a seco com o sorgo reidratado e os valores variaram de 55,16 a 60,11% de digestibilidade aparente. Bade et al. (1972) também não encontraram diferença entre a digestibilidade da proteína da dieta com grãos de sorgo seco ou reidratado.

Xiong et al. (1990) encontraram aumento da degradação da proteína medida em experimento de produção de gás no sorgo reidratado, com valores de 65,9% para sorgo seco e 79,7% para o sorgo reidratado por 30 dias.

A digestibilidade aparente da proteína bruta obtida no experimento variou de 64,92 a 65,46 e foi um pouco acima ao valor de 62,04% encontrado por Passini et al. (2002) para dietas contendo 49,6% de sorgo úmido ou milho seco. Valadares Filho et al. (2000), trabalhando com silagem de grão úmido de milho para vacas de leiteiras, observaram o valor de 62,8% para digestibilidade da proteína para dieta contendo 43,63% de milho grão úmido.

O consumo do extrato etéreo foi 17,77% maior na dieta sorgo reidratado. Isso ocorreu em função do maior teor de extrato etéreo na dieta sorgo reidratado e ao menor teor de extrato etéreo nas sobras. O maior teor de extrato etéreo no tratamento de reconstituição não é esperado. Entretanto, o caroço de algodão é difícil de ser moído e homogeneizado e isso pode ter interferido no teor de óleo das dietas.

A digestibilidade aparente do extrato etéreo de 83,58 e 85,68 foi próximo ao valor de 82,19% encontrado em novilhos zebuínos por Silva (2005), para dieta com os mesmos ingredientes utilizados no presente experimento, com diferença apenas no volumoso, que era silagem de milho ao invés de silagem de cana de açúcar. Os dados obtidos também foram próximos aos valores de digestibilidade aparente do extrato etéreo obtido em carneiros para dietas contendo farelo de arroz, que variou de 76,8 a 83,4% (Rodriguez, 1995).

A digestibilidade do extrato etéreo encontrada foi acima dos valores encontrados por Passini et al. (2002) (58,90%) e Gonçalves et al. (2002) (64,1%). Dietas com baixo teor de extrato etéreo podem resultar em sub-avaliação da digestibilidade aparente do extrato etéreo devido à síntese ruminal de lipídeos.

4.7 Consumo e digestibilidade da FDNcp e da FDA

Na Tabela 18 estão demonstrados os valores de consumo e digestibilidade da FDNcp e da FDA.

O consumo absoluto de FDNcp foi semelhante entre os tratamentos, e o consumo em relação ao peso vivo e por unidade de tamanho metabólico foi menor no tratamento com sorgo reidratado.

A digestibilidade da FDNcp foi semelhante entre os tratamentos, a digestibilidade observada da FDA foi menor para o tratamento sorgo reidratado.

Tabela 18 –Consumo de fibra detergente neutro corrigido para cinzas e proteína em kg/dia (CFDNcp), em porcentagem do peso vivo (CFDNcp%PV), em g de FDNcp por unidade de tamanho metabólico (CFDNcp UTM), digestibilidade da fibra detergente neutro corrigido para cinzas e proteína em porcentagem (DFDNcp), consumo de fibra detergente ácido expresso em kg/dia (CFDA), digestibilidade aparente da FDA expressa em porcentagem (DFDA)

	Tratamentos		CV
	Sorgo Seco	Sorgo Reidratado	
CFDNcp	3,63a	3,28a	9,55
CFDNcp%PV	0,79a	0,69b	7,32
CFDNcp UTM	36,7a	32,4b	6,71
DFDNcp	43,27a	37,93a	15,40
CFDA	2,52a	2,03b	9,92
DFDA	37,94a	20,08b	18,28

Valores seguidos de letras diferentes nas linhas diferem ($p < 0,05$) pelo teste F. Valores expressos em matéria seca. CV= Coeficiente de variação.

O menor consumo de FDNcp relativo ao peso vivo e ao peso metabólico, e o menor consumo de FDA para a dieta com sorgo reidratado ocorreu principalmente em função do menor teor de FDNcp e de FDA observado na dieta sorgo reidratado. A redução do teor de FDNcp e FDA no sorgo reidratado foi discutido na tabela 8, item 4.1.

Em relação ao efeito do processamento aqui utilizado na digestibilidade da fibra, poderia ocorrer queda na digestibilidade da fibra quando o aporte de amido for suficiente para reduzir o pH rumenal (Sauvat, 1997).

A literatura é bem consistente em relação ao aumento da degradabilidade rumenal do amido no grão reidratado (Benton et al., 2004b; McNeill et al., 1971; Hibberd et al., 1983 citado por Theurer, 1986), também nesse experimento foi observado indícios de maior digestibilidade do amido no trato anterior em função do pH fecal.

Entretanto o teor de FDNcp oriundo da silagem de cana (14,5%) que tem fibra de alta efetividade, e 8,2 de FDNcp advindo do caroço de algodão que tem boa efetividade, pode ter contribuído para impedir um abaixamento severo do pH rumenal. Mertens (2002) cita que 12 a 18% de FDNefetivo seria aceitável para gado de corte. O núcleo mineral utilizado fornecia 27,1 ppm de monensina por kg de MS, a monensina possui efeito no controle do consumo e no pH rumenal.

Nesse sentido é provável que o maior teor de amido degradável não foi suficiente para piorar a digestibilidade da FDNcp nessa dieta, mas a digestibilidade da FDA foi prejudicada.

A FDA é composta pela celulose e lignina da dieta, sendo que essa queda na digestibilidade dessa fração pode indicar uma pior digestibilidade da celulose na dieta que usou o sorgo processado. Valadares Filho et al. (2000) encontraram redução para a digestibilidade da FDA com o aumento de grão úmido de milho na dieta, sendo que a digestibilidade máxima da FDA ocorreu com 29% de carboidratos não fibrosos na dieta (CNF). As dietas do presente experimento estavam com 40,41 e 42,23% de CNF, acima desse limite citado por Valadares Filho et al. (2000).

Outra possibilidade para a diferença no consumo e digestibilidade da FDA seria um efeito do processamento do grão no resultado da análise de fibra, pois o consumo de MS e o valor de FDA nas fezes foi semelhante entre os tratamentos, sendo a causa da diferença na digestibilidade o menor valor encontrado para a FDA na dieta sorgo reidratado. Não seria esperada diferença no teor de FDA já que as dietas são semelhantes.

A digestibilidade da FDNcp de 37,93 a 43,27% comparada a valores descritos na literatura estiveram dentro do esperado para dietas com cana de açúcar e silagem de cana hidrolisada e menores que os citados para dietas com fontes de volumosos de melhor digestibilidade.

Valores de digestibilidade observados na literatura para a FDN de dietas contendo cana de açúcar variaram de 20,45% (Magalhães et al., 2006) a 55,2% (Schmidt et al., 2007).

Utilizando silagem de milho como volumoso, Silva (2005) encontrou digestibilidade da FDN de 59,15 a 63,71% com dieta e animais semelhantes aos utilizados neste experimento, Passini et al. (2002) encontraram valor de 54,36 para digestibilidade da fibra em dieta com feno de aveia e grão úmido.

Ezequiel et al. (2005) observaram digestibilidade da FDA de 38,2% para silagem de cana hidrolisada utilizando relação concentrado: volumoso de 30:70.

4.8 Consumo de nutrientes digestíveis totais

A partir da digestibilidade aparente obtida para proteína, carboidratos totais e extrato etéreo calcularam-se os Nutrientes Digestíveis Totais (NDT) das dietas. Os valores de consumo e percentual de NDT estão descritos na tabela 19.

Tabela 19 – Consumo de NDT em kg/dia (CNDT), NDT em percentagem da matéria seca (NDT%)

	Tratamentos		CV
	Sorgo Seco	Sorgo Reidratado	
CNDT	7,22a	7,32a	8,98
NDT %	66,51a	67,63a	2,86

Valores seguidos de letras diferentes nas linhas diferem ($p < 0,05$) pelo teste F. Valores expressos em matéria seca. CV= Coeficiente de variação.

Não houve diferença entre o consumo e o teor de NDT dos tratamentos. Como não foi encontrada diferença na digestibilidade dos nutrientes, não seriam esperadas diferenças no NDT.

Para efeito de comparação calculou-se o NDT esperado das dietas pelas equações 2-4 e 2-5 do NRC (2001), pelas equação 17 do sistema BR-Corte (2010) e pelo teor de NDT dos alimentos citados pelo NRC (2000) e pela tabela CQBAL 3.0 (2011).

Tabela 20 –NDT dos alimentos de acordo com a tabela CQBAL 3.0 e NRC (2000)

Alimento	CQBAL3.0	NRC (2000)
Sorgo Grão	78,43	82,0
Cana de açúcar	61,35	nd
Caroço de algodão	79,74	90,0
Farelo de Soja	80,68	82,0

Nd= não disponível; valores expressos em percentual da matéria seca

Tabela 21 – NDT estimados para as dietas em percentagem da MS, considerando-se diferentes sistemas de exigências

	Tratamentos	
	Sorgo Seco	Sorgo Reidratado
NRC (2000)	76,25	76,15*
Cqbal 3.0	72,91	72,82
NRC (2001)	68,71	71,58
BR- Corte(2010)	68,31	71,13
NDT Real da dieta	66,51	67,63

* Para o NRC (2000) foi usado para a cana o mesmo NDT sugerido pela tabela CQBAL 3.0; valores expressos em percentual da matéria seca.

O NDT estimado por diferentes sistemas foi maior que o NDT observado pela digestibilidade real determinada neste trabalho. As melhores estimativas foram geradas pelo NRC (2001) e pelo sistema BR-Corte (2010), sendo que os valores previstos por estes dois modelos foram próximos.

4.9 Ganho de peso e eficiência alimentar

Tabela 22 – Ganho médio diário em kg/dia do início da adaptação até o final do experimento, 37 dias (GMD1), GMD apenas durante a fase digestibilidade, 14 dias (GMD2), consumo de matéria seca durante a fase de digestibilidade em kg/dia (CMS), eficiência alimentar em g de ganho de peso vivo por Kg de MS consumida (EA)

Dados	Tratamentos		
	Sorgo Seco	Sorgo Reidratado	CV
GMD 1	2,11a	2,40a	15,81
GMD 2	1,86a	2,03a	15,44
MSI	10,86a	10,83a	9,0
EA	0,172a	0,188a	15,93

Valores seguidos de letras diferentes nas linhas diferem ($p < 0,05$) pelo teste F. CV= Coeficiente de variação.

Podemos observar que as médias de ganho de peso foram semelhantes entre os tratamentos. A significância para GMD 1 foi de $P < 0,157$, e para o GMD 2 de $P < 0,277$. Numericamente a média do ganho de peso foi maior para o o tratamento sorgo reidratado, os dados apesar de não serem significantes do ponto de vista estatístico, são próximos a valores citados na literatura (White et al., 1969; Simpson et al., 1985; Theurer, 1986) de aumento no desempenho de bovinos com o uso do grão reidratado em comparação ao grão seco.

4.10 Avaliação da relação custo/benefício do processamento e armazenamento do grão reidratado ou moído seco

Nas tabelas a seguir definiram-se alguns parâmetros para que se possa levantar o custo do processamento e do armazenamento do grão de sorgo seco ou reidratado, possibilitando uma avaliação do potencial econômico desta técnica.

Nessa a avaliação foram comparados dois processos de reidratação com o processo tradicional de uso do sorgo seco, pois como foi discutido na revisão de literatura a reconstituição pode ser feita de diferentes formas.

Processos avaliados:

- Grao moído
- Grao moído seco e depois reidratado
- Grao reidratado inteiro e depois moído (metodo usado neste experimento)

Para o grão moído seco foi estimado a moagem com moinho acoplado a motor elétrico com rendimento de 3 t/h. Para o grão reidratado simulamos o moinho JF 80 movido pela tomada de força do trator, pois nesse caso o processo poderia ser realizado ao lado do silo.

O Rendimento do JF 80 usando peneira de 3 mm tem sido de 3 t/h. O rendimento do moinho é menor quando o grão é moído após a reidratação (úmido), para esse tratamento considerou-se o rendimento de 2 t/h.

Tabela 23 - Custo de moagem de sorgo

Energia		Seco	Moído e Reidratado	Reidratado e depois Moído
Custo de energia Moinho ^a	R\$/h	5,60		
Custo óleo diesel (Trator) ^b	R\$/h		16,61	16,61
Energia condutor helicoidal 1 ^a	R\$/h	0,56	0,56	
Energia condutor helicoidal 2 ^a	R\$/h	0,56		
Produção do moinho	t/h	3,00	3,00	2,00
Custo da energia	R\$/t	2,24	5,72	8,31
Custo da depreciação e manutenção – Imobilizado^c				
Depreciação	R\$/ano	5.822,50	2.858,13	3.134,38
Custo de manutenção	R\$/ano	1.644,00	1.345,00	1.180,00
Volume triturado ^d	ton/ano	1.350,00	1.350,00	1.350,00
Custo da depreciação e Manutenção	R\$/ton	5,53	3,11	3,20
Mão de obra	R\$/h	5	5	5
Demanda de mão de obra	HH/t	0,33	0,67	1,50
Custo por tonelada	R\$/t	1,67	3,33	7,50
Sub-total custo de moagem do grão	R\$/t	9,44	12,17	19,00

^aConsumo de energia: calculado a partir da potência do motor (Inmetro, 2010), preço do KW/h de R\$ 0,35. ^bConsumo de diesel estimado em 7,6L/h para trator de 50 cv (Savastano e Atarassi, 2011). ^cCusto de depreciação e manutenção de acordo com o valor da estrutura (tabelas 27 e 28 do anexo 1). ^dvolume triturado considerando 4 horas de trabalho por dia, 22 dias por mês por 5 meses de uso.

Tabela 24 - Custo de armazenagem sorgo seco

Custo de secagem e armazenagem em silo aéreo ^a	Un	Grão Seco
secagem limpeza	R\$ / sc / Mês	1,00
armazenagem	R\$ / sc / Mês	0,25
Tempo	meses	1,33
Custo total	R\$/ sc	1,33
Custo total	R\$ / t	22,22

^a Fonte: Silos Coapi Armazenagem de Grãos Est Piumhi, s/n - Piumhi MG

Tabela 25 - Custo de armazenagem sorgo reidratado

Armazenagem em silo trincheira	Un	Reidratado
Valor Silo 400 m ³ ^a	R\$	25.245,00
Vida útil	anos	15,00
Depreciação anual	R\$	1.683,00
Volume Armazenado	m ³	400,00
Massa em Kg - convertido para 87% MS	t	303,45
Custo anual do silo na armazenagem	R\$/t	5,55
Custo da adição de água ^b	R\$/t	0,23
Inoculante ^c	R\$/t	2,50
Total		8,28

^a custo do silo está detalhado nas tabelas 29, 30 e 31 em anexo 1. ^bCusto de adição de água de acordo com consumo de energia de um motor de 5 cv e vazão da água 2 m³/h. ^cFonte: Alltech

Tabela 26 - Custo final do grão pronto para ser fornecido ao animal

		Seco	Moído e Reidratado	Reidratado e depois Moído
1-Custo de moagem do grão	R\$/t	9,44	12,17	19,00
2- Custo de armazenagem	R\$/t	22,22	8,28	8,28
(1+2) Custo total	R\$/t	31,66	20,45	27,28
(1+2) Custo total	R\$/sc	1,90	1,23	1,64

Comparando os custos de processamento aqui estimados com a estimativa de outros autores, Macken et al. (2006) estimaram custos de processamento de US\$1,70, US\$ 5,20 e US\$ 10,50 por tonelada para milho laminado, ensilado úmido e floculado, respectivamente. Nesta simulação os custos apenas da moagem para o sorgo seco foram de R\$ 9,44/t (US\$ 5,87/t), moagem e reidratação de R\$ 12,17/t (US\$ 7,56/t) e para reidratação e moagem de R\$ 19,0/t (US\$ 11,81/t).

O volume de milho processado por ano no estudo de Macken et al. (2006) seria de 12.665 t, que provavelmente gera ganho de escala no processo, e o grão era laminado (“Rolled”), processo mais rápido e de menor consumo de energia que a moagem fina.

Peters (2006) calculou o custo da moagem fina de milho em US\$ 2,16/t (R\$ 3,47/t) para um confinamento de 10.000 cabeças.

Os valores citados em dólares foram corrigidos pela inflação americana da data da publicação até março de 2011. Para converter reais em dólar foi utilizado a cotação de R\$1,6079/dólar em 05/04/2011 (BM&F,2011).

Podemos observar por essa simulação que o custo final do sorgo reidratado e ensilado pode ser menor que o produto seco quando levamos em conta o benefício da armazenagem.

Essa simulação tem a premissa que o sorgo será adquirido do produtor, direto da lavoura, podendo conter umidade acima de 14%, e nesse caso não seria recomendado armazenar o grão por períodos longos sem passar por um secador, sob risco dos grãos se tornarem ardidos e ou mofados. Geralmente o preço direto do produtor é R\$ 1,5 a R\$ 2,0 mais barato por saco que o preço de um armazém, pois o armazém já incorporou custos de secagem e limpeza.

Em relação ao desempenho animal a literatura apresenta muitos dados de melhoria na eficiência alimentar de 5 a 15%, aumentando o potencial dessa técnica no resultado final do produtor.

5. CONCLUSÃO

A digestibilidade do amido e da MS e o consumo de MS não foram alterados com a reidratação e ensilagem do sorgo nesse experimento.

O sorgo reidratado promoveu maior pH fecal, indicativo que menor quantidade de amido foi fermentado no intestino grosso.

A digestibilidade da FDA foi reduzida no tratamento sorgo reidratado e ensilado, o consumo de FDNcp em % PV e por UTM e o consumo de FDA foram menores para a dieta com sorgo reidratado.

São necessários novos estudos de reconstituição ou reidratação do sorgo.

Anexo 1

Detalhamento do custo de moagem e armazenagem de Sorgo

Tabela 27 – Custo da estrutura de moagem de grão seco

Estrutura ^a	Un	Valor
Obra de alvenaria da moega	R\$	7.000,00
Condutor helicoidal para abastecer moinho	R\$	5.400,00
Moinho 20 cv	R\$	8.800,00
Condutor Helicoidal	R\$	3.600,00
30% do valor de um galpão	R\$	30.000,00
Total	R\$	54.800,00
Vida Útil	anos	8
Depreciação	R\$/ano	5.822,50

^a Orçamento empresa IMAL – Indústria Mecânica Agrícola Ltda.

Tabela 28 – Estrutura de Moagem de grão Reidratado

Estrutura	Un	Grão Moído e reidratado	Grão Reidratado e depois moído
Condutor helicoidal para abastecer moinho ^a	R\$	5.400,00	
Rateio do valor Trator 50 cv (Pelo tempo utilizado)	R\$	15.000,00	15.000,00
Moinho ^a	R\$	6.500,00	6.500,00
Silo de reconstituição ^b	R\$		8.000,00
Total	R\$	26.900,00	29.500,00
Vida Útil	anos	8	8
depreciação	R\$/ano	2858,13	3134,38

^a Orçamento empresa IMAL – Indústria Mecânica Agrícola Ltda. ^b Silo tipo bunker para reidratação sorgo inteiro – 60 m³, custo baseado em revestimento de concreto pré-moldado (Fonte: Premoart-Pré-Fabricados de concreto)

Tabela 29 – Estimativa da área das paredes, gasto de painéis pré-moldados e concreto para convecção de um silo trincheira de 400 m³

Ítem	Un	Quantidade
Duas paredes de 40 m de Comprimento x 2 m altura	m ²	160
Uma parede de 5 m de Largura x 2 m de altura	m ²	10
Um piso de 40 m de comprimento x 5 m de largura	m ²	200
Total piso e parede	m ²	370
Consumo de concreto por parede ^a	m ³ /m ² de parede	0,1
Área da parede	m ²	370
Total de Concreto	m ³	37

^aFonte: empresa Premoart-Pré-Fabricados de concreto

Tabela 30 – Estimativa de custo das paredes de concreto pré-moldado com enchimento de concreto

Custo	Un	Valor
Preço de painéis pré-moldados ^a	R\$/m ²	33
Área construída	m ²	370
Custo dos pré-moldados	R\$	12210
consumo de concreto	m ³	37
Valor do concreto ^a	R\$/m ³	255
Custo do concreto	R\$	9435
Custo total piso e paredes	R\$	21645

^aFonte: Empresa Premoart-Pré-Fabricados de concreto

Tabela 31 – Custo final de silo um silo de 400 m³ – 40 m de comprimento x 4 metros de base menor, 6 metros de base maior x 2 metros de altura

Ítem	Un	Valor
Piso e paredes	R\$	21.645,00
Horas de máquina de esteira ^a	R\$	2.400,00
Mão de obra ^b	R\$	1.200,00
Total	R\$	25.245,00

^a 20 horas trator de esteira. ^b Quatro homens por 10 dias de serviço

Anexo 2

Imagem da pré-germinação do sorgo durante reidratação aeróbica



Figura 5 – Aspecto do grão pré-germinado (Fonte: Arquivo pessoal – Sorgo sendo reidratado)



Figura 6 – Sorgo com pouca germinação (Fonte: Arquivo pessoal – Sorgo sendo reidratado)



Figura 7 – Sorgo com mais germinação (Fonte: Arquivo pessoal – Sorgo sendo reidratado)

6. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ALLEN, M. S. Effects of Diet on Short-Term Regulation of Feed Intake by Lactating Dairy Cattle. *Journal Of Dairy Science* . v. 83,n. 7, p. 1598–1624, 2000.

ANTUNES, R. C.; RODRIGUEZ, N.M.; GONÇALVES, L.C. et al. Composição bromatológica e parâmetros físicos de grãos de sorgo com diferentes texturas do endosperma. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia* ,v. 59, n. 5, p. 1351–1354, 2007.

ANTUNES, R.C. *Valor nutritivo de grãos de sorgo com diferentes texturas do endosperma para bovinos, aves e suínos*. 2005. 100f. Dissertação (Doutorado) - Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG.

ANUALPEC. 2008. Anuario da Pecuaria Brasileira. 1^a ed. Instituto FNP e Agra FNP Pesquisas Ltda, Sao Paulo, Brazil.

AXE, D. E.; BOLSEN, K. K.; HARMON, D. L. et al. Effect of wheat and high-moisture sorghum grain fed singly and in combination on ruminal fermentation, solid and liquid flow, site and extent of digestion and feeding performance of cattle. *Journal of Animal Science*, v.64, n. 3, p. 897 – 906, 1987.

BALOGUN, R.O.; ROWE, J.B.; BIRD, S.H. Fermentability and degradability of sorghum grain following soaking, aerobic or anaerobic treatment. *Animal Feed Science and Technology* , v.120, n.1-2, p. 141–150, 2005.

BARAJAS, R.; ZINN, R. A.. The feeding value of dry-rolled and steam-flaked corn in finishing diets for feedlot cattle: influence of protein supplementation. *Journal of Animal Science*, v. 76, n. 7, p. 1744 – 1752, 1998.

BENTON, J.R.; KLOPFENSTEIN, T.J.; ERICKSON, G.E. *In situ* estimation of dry matter digestibility and degradable intake protein to evaluate the effects of corn processing method and length of ensiling. *Journal of Animal Science*, v. 82, Suppl. 1, p. 463. 2004b.

BENTON, J.R.; MACKEN, C. N.; VANDER POL, K. J. et al. Effect of corn moisture of ensiled early-harvested and reconstituted field-dried corn and degradable intake protein concentration on finishing cattle performance. *Journal of Animal Science*, v. 82, Suppl. 2, p. 98, 2004a.

BADE, D.H.; LANE, G.T.; LEIGHTON, R.E. et al. Acetic Acid Treatment of Reconstituted Sorghum Grain for Dairy Cows. *Journal of Dairy Science*, v. 56, n. 1, p. 124-128, 1972.

Bovespa: São Paulo..., SP-Brasil, 2011. Disponível em: < <http://www.bmfbovespa.com.br/home.aspx?idioma=pt-br>>. Acesso em: 05/04/2010.

BORGES, L. F. O.; PASSINI, R.; MEYER, P. M. et al.. Efeitos da enramicina e monensina sódica sobre a digestão de nutrientes em bovinos alimentados com dietas contendo alto nível de concentrados. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 37, n. 4, p. 674-680, 2008.

BRADFORD, B.J.; ALLEN, M.S.. 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*, v.90, n. 8, p. 3838-3845, 2007.

BULL, K.L.; SCHAKE, L.B. A economic evaluation of corn and grain sorghum processing alternatives for Texas Feedlot. *Technical Report N. 81*, College Station: Texas A&M University, 1980. 45p.

CAETANO, M.. *Estudo das perdas de amido em confinamentos brasileiros e uso do amido fecal como ferramenta de manejo de bovinos confinados*. 2008. 76f. Dissertação (Mestrado em...) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP.

CERVIERE, R. C.; Carvalho, J. C. F.; Martins, C. L.. Evolução do Manejo Nutricional nos Confinamentos Brasileiros: Importância da Utilização de Subprodutos da Agroindústria em Dietas de Maior Inclusão de Concentrado. In: *SIMPÓSIO DE NUTRIÇÃO DE RUMINANTES*, 4, 2009, Botucatu, *Anais...* : Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia Unesp, 2009. p. 2-43.

CHANNON, A. F.; ROWE, J.B.. Manipulating gastrointestinal starch digestion to improve the efficiency of feed utilization. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, v.44, n. 5, p. 475-482, 2004.

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*, v. 44, n.5, p. 469-474, 2004.

CHEN, K. H.; HUBER, J. T.; THEURER, C. B. et al.. Effect of Steam Flaking of Corn and Sorghum Grains on Performance of Lactating Cows. *Journal Of Dairy Science*, v.77, n.4, p. 1038-1043, 1994.

Cornell University Department of Animal Science. CNCPS V6.1. Ithaca ,2011. Download Disponível em: <<http://www.cncps.cornell.edu/downloads.html>>. Acesso em: 01/03/11

GUIA de métodos analíticos. In: Compêndio brasileiro de alimentação animal, 2009. São Paulo: Sindicato Nacional da Indústria de Alimentação Animal, 2009.

CONRAD, H. R.; PRATT, A. D.; HIBBS, J. W. Regulation of feed intake in dairy cows. I- Change in importance of physical and physiological factors with increasing digestibility. *Journal Of Dairy Science.*, v.47, n.1, p. 54- 62, 1964.

COSTA, C.; ARRIGONI, M. B.; SILVEIRA, A. C.; et al.. Desempenho de bovinos superprecoce alimentados com silagem de milho ou feno de aveia e grãos de milho ensilados ou secos. *Acta Scientiarum*, v. 24, n. 4, P. 1175-1183, 2002.

DEPENBUSCH, B. E.; NAGARAJA, T. G.; SARGEANT, J. M. et al.. Influence of processed grains on fecal pH, starch concentration, and shedding of *Escherichia coli* O157 in feedlot cattle. *Journal of Animal Science*, v.86, n. 3, p. 632-639, 2008.

DIEZ-GONZALEZ, F.; CALLAWAY, T. R.; KIZOULIS, M. G. et al.. Grain feeding and the dissemination of acid-resistant *Escherichia coli* from cattle. *Science*, v.281, n.5383, p. 1666-1668, 1998.

EZEQUIEL, J. M. B, QUEIROZ, M. A. A.; GALATI, R. L. et al.. Processamento da Cana-de-Açúcar: Efeito sobre a Digestibilidade, o Consumo e a Taxa de Passagem. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.34, n.05, p. 1704-1710, 2005.

GABARRA, P. R.. *Digestibilidade de Nutrientes e parâmetros ruminais e sanguíneos de novilhos nelore alimentados com fontes protéicas e energéticas com diferentes degradabilidades ruminais*. 2001. 94f. Dissertação (Mestrado em...) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP.

GALYEAN, M. L.; WAGNER, D. G.; OWENS, F. N. Corn Particle Size and Site and Extent of Digestion by Steers. *Journal of Animal Science*, v.49, n.01, p. 204-210, 1979.

GONÇALVES, J. R. S.; PIRES, A. V.; SUSIN, I. et al.. Substituição do grão de milho pelo grão de milho em dietas contendo silagem de milho ou silagem de capim-elefante na alimentação de bovinos de corte. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.39, n. 9, p.2032-2039, 2010.

HALE, W. H.. Influence of Processing on the Utilization of Grains (Starch) by Ruminants. *Journal of Animal Science*, v.37, n. 4, p. 1075-1080, 1973.

HALL, M.B. Neutral detergent-soluble carbohydrates nutritional relevance and analysis. A laboratory manual. Gainesville: University of Florida, 2003. 42p.

HARMON, D. L.; MCLEOD, K. R.. Glucose uptake and regulation by intestinal tissues: Implications and whole-body energetics. *Journal of Animal Science*, v.79, n. E-suppl, p. E59 – E72. 2001.

HIBBERD, C.A.; WAGNER, D.G.; HINTZ, R.L. Effect of length of reconstitution on the chemical composition and in vitro digestibility of sorghum grain. *Oklahoma Agricultural Experiment Station, Animal Science Research report*, p. 184--188. 1981. Disponível em: <http://www.beefextension.com/research_reports/research_56_94/rr82/rr82_41.pdf>. Acessado em: 25/03/2010.

HICKS, R.B.; LAKE, R. P. High moisture corn quality control at Hitch. In: CATTLE GRAIN PROCESSING SYMPOSIUM, 1, 2006, Proceedings ...Tulsa: 2006. p. 56 a 61. Disponível em: <http://beefextension.com/new%20site%202/proceedings06.html> . Acesso em 10/01/2011.

HUCK, G.L.; KREIKEMEIER, K.K.; BOLSEN, K.K. Effect of reconstituting field-dried and early-harvested sorghum grain on the ensiling characteristics of the grain and on growth performance and carcass merit of feedlot heifers. *Journal of Animal Science*, v.77, n. 5, p. 1074–1081, 1999.

HUNTINGTON, G.; JUNELL, B.. Starch Digestion, Glucose Absorption and Metabolism in Beef Cattle. In: SIMPÓSIO DE PRODUÇÃO DE GADO DE CORTE, 6., 2010, Viçosa, MG. Anais... Viçosa, MG: SIMCORTE, 2010. p.01-21.

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

IGARASI, M.S.; ARRIGONI, M.B.; SOUZA, A.A. ET. AL. Desempenho de bovinos jovens alimentados com dietas contendo grão úmido de milho ou sorgo. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.37, n.3, p.513-519, 2008.

TABELAS de consumo... INMETRO, 2010. Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/consumidor/pbe/motoresTri.pdf>> Acesso em: 01/02/11.

JASPER, S. P; BIAGGIONI, M.A. M.; RIBEIRO, J.P. Viabilidade econômica de aquisição de um silo-secador para pequenas áreas de produção. *Eng. agrícola jaboticabal*, v. 26, n 3, p. 795–803. 2006.

KABEYA, K. S. *Composição químico-bromatológica de gramíneas tropicais e desempenho de novilhos suplementados a pasto*. 2000. 74f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2000.

KNOWLTON, K. F.; BLENN, B. P.; ERDMAN, R. A.. Performance, ruminal fermentation, and site of starch digestion in early lactation cows fed corn grain harvested and processed differently. *Journal Of Dairy Science*. V. 81, n. 7, p. 1972-1984, 1998.

LANA, R. P. ; GOMES JUNIOR, P.. Sistema de Suplementação Alimentar para Bovinos de Corte em Pastejo. Validação. *Revista Brasileira de Zootecnia* , v.31, n.1, p.451-459, 2002.

LOPES, J.; EVANGELISTA, A. R.; ROCHA, G. P.. Valor nutricional da silagem de cana-de-açúcar acrescida de uréia e aditivos absorventes de umidade. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.36, n.4, p.1155-1161, 2007.

MACKEN, C. N. ; ERICKSON, G. E.; KLOPFENSTEIN, T. J..The Cost of Corn Processing for Finishing Cattle. *Professional Animal Scientist*, v. 22, n. 1, p. 23–32, 2006.

MAGALHÃES, A. L. R.; CAMPOS, J. M. S.; CABRAL, L. S. et al.. Cana-de-açúcar em substituição à silagem de milho em dietas para vacas em lactação: parâmetros digestivos e ruminais. *Revista Brasileira Zootecnia.*, v.35, n.2, p.591-599, 2006.

- MARCONDES, M. I.; VALADARES FILHO, S. C.; PAULINO, P. V. R. et al.. Consumo e desempenho de animais alimentados individualmente ou em grupo e características de carcaça de animais Nelore de três classes sexuais. *Revista Brasileira Zootecnia.*, v.37, n.12, p.2243-2250, 2008.
- MARTIN, J.; PECK, R.; ENGLAND, M. et al. Two Reconstitution Methods and Steam Flaking for Milo and Tow Levels of Protein Supplementation. *Oklahoma Agricultural Experiment Station, Animal Science Research*, p. 41-47, 1970. Disponível em: <http://beefextension.com/research_reports/research_56_94/rr70/rr70_7.pdf>. Acessado em: 25/03/2009.
- MCNEILL, J. W.; POTTER, G. D.; RIGGS, J.K. et al. Chemical and Physical Properties of Processed Sorghum Grain Carbohydrates. *Journal of Animal Science*, v. 40, n.2, p. 335-341,1975.
- MCNEILL, J. W.; POTTER, G. D.; RIGGS, J.K. Ruminant and Postruminal Carbohydrate Utilization in Steers Fed Processed Sorghum Grain. *Journal of Animal Science*, v. 33, n. 6, p. 1371-1374, 1971.
- MERTENS, D. R.; LOFTEN, R.. The effects of starch on forage fiber digestion kinetics in vitro. *Journal of Dairy Science*, v63, n.9, p.1437-1446, 1980.
- MERTENS, D. R.. Predicting Intake and Digestibility Using Mathematical Models of Ruminant Function. *Journal Of Animal Science*, v. 64, n. 5, p. 1548-1558, 1987
- MERTENS, D.R. Measuring fiber and its effectiveness in ruminant diets. 2002. Disponível em: www.cncps.cornell.edu/
- MILLEN, D.D.; PACHECO, R.D.L.; ARRIGONI, M.D.B.; et al. A snapshot of management practices and nutritional recommendations used by feedlot nutritionists in Brazil. *Journal of Animal Science*, v.87, n. 10, p. 3427-3439, 2000.
- MORAES, K. A. K.; VALADARES FILHO, S. C.; MORAES, E. H. B. K.. Cana-de-açúcar tratada com óxido de cálcio fornecida com diferentes níveis de concentrado para novilhas de corte em confinamento. *Revista Brasileira de Zootecnia* , v.37, n.7, p.1293-1300, 2008.
- MÜLLER, P. B. *Bioclimatologia aplicada aos animais domésticos*. 2. ed. Porto Alegre: Sulina, 1982. 158 p.

NEUHAUS, V.; TOTUSEK, R. Factors Affecting the In Vitro Digestibility of High Moisture Sorghum Grain. *Journal of Animal Science*, v. 33, n. 6, p. 1321-1326, 1971.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. NUTRIENT requirements of beef cattle. 7.ed. Washington, D.C.: National Academy, Update 2000, 234p.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. Nutrient requeriments of dairy cattle. 7.rev.ed. Washinton, D.C.: 2001. 381p.

OBA, M.; ALLEN, M. S.. Effects of Corn Grain Conservation Method on Feeding Behavior and Productivity of Lactating Dairy Cows at Two Dietary Starch Concentrations. *Journal of Dairy Science*, v. 86, n.1, p. 174 – 183, 2003.

OLIVEIRA, J. S.; HUBER, J. T.; SIMAS, J. M.. Effect of Sorghum Grain Processing on Site and Extent of Digestion of Starch In Lactating Dairy Cows. *Journal of Dairy Science*, v. 78, n. 6, p. 1318-1327, 1995.

OWENS, F. Corn grain processing and digestion. In: *Minnesota Nutrition Conference, 66, 2009, Proceedings...* St. Paul: 2009. Disponível em: <<http://www.ddgs.umn.edu/articles-proc-storage-quality/2005-owens%20%28MNC%29%20Corn%20grain%20proc.pdf>>. Acessado em: 20/03/2010.

OWENS, F.; Zinn, R. A.. Corn Grain for Cattle: Influence of Processing on Site and Extent of Digestion. In: *Annual Southwest Nutrition and Management Conference, 20, 2005, Proceedings...* Tempe: 2005, p.86-112. Disponível em: < http://cals-cf.calsnet.arizona.edu/animsci/ansci/swnmc/papers/2005/Owens_SWNMC%20Proceedings%202005.pdf>. Acessado em: 20/01/2011.

PASSINI, R.; SILVEIRA, A. C.; RODRIGUES, P. H. M. et al. Digestibilidade de dietas a base de grão úmido de milho ou de sorgo ensilados. *Acta Scientiarum*, v. 24, n. 4, p. 1147-1154, 2002.

PÉREZ-HIDALGO, M.; GUERRA-HERNÁNDEZ, E.; GARCÍA-VILLANOVA, B. Determination of insoluble dietary fiber compounds: cellulose, hemicellulose and lignin in Legumes. *Ars Pharmaceutica*, v. 38, n. 4; p. 357-364, 1997.

PETERS, T.M.. Comparing cost versus benefits of corn processing for feedlot cattle. In: CATTLE GRAIN PROCESSING SYMPOSIUM,1, 2006, Proceedings ...Tulsa: 2006. p. 137 a 144. Disponível em: <http://beefextension.com/new%20site%202/proceedings06.html> . Acesso em 10/01/2011.

PIEPER, R.; HACKL, W.; KORN, U.; et al. Effect of ensiling triticale, barley, and wheat grains at different moisture content and addition of *Lactobacillus plantarum* (DSMZ 8866 and 8862) on fermentation characteristics and nutrient digestibility in pigs. *Animal Feed Science and Thecnology*. V. 164, n.1-2, p.96 -105, 2011.

PINA, D. S.; VALADARES FILHO, S. C.; AZEVEDO, J.A. G. et al.. Efeitos da inclusão e dos tempos de exposição da cana-de-açúcar ao óxido de cálcio sobre os parâmetros digestivos e fisiológicos de novilhas nelores. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.39, n.7, p.1579-1586, 2010.

PINA, D. S.; VALADARES FILHO, S. C.; TEDESCHI, L.O. et al..Níveis de inclusão e tempo de exposição da cana-de-açúcar ao óxido de cálcio sobre parâmetros digestivos e o desempenho de novilhas Nelore. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.40, n.3, p.648-656, 2011.

QUEIROZ, D. M.. [2003]. Custo de Secagem de Grãos. Disponível em: < http://www.centreinar.org.br/software/custo_de_secagem.pdf>. Acesso em: 05/04/2011.

REIS E SILVA, R. *Consumo e digestibilidade aparente de dietas contendo resíduo industrial de tomate em novilhos zebuínos* . 2005. 48 f. Dissertação de Mestrado em Zootecnia - Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG.

RÉMOND, D.; CABRERA-ESTRADA, J. I.; CHAMPION, M. et al.. effect of corn particle size on site and extent of starch digestion in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, v.87, n. 5, p.1389–1399. 2004.

REYNOLDS, C. K.. Production and Metabolic effects of site of starch digestion in Dairy Cattle. *Animal Feed Science and Technology* ,v.130, n. 1-2, p. 78–94, 2006.

RODRIGUES, J. A. S. et al. [2011]. Cultivo do Sorgo . Disponível em: < http://www.cnpmembrapa.br/publicacoes/sorgo_7_ed/index.htm >. Acesso em: 20/01/2011.

- RODRIGUEZ, N. M.. Pesquisas de dinâmica de fermentação Ruminal e Partição da Digestão Realizada no Departamento de Zootecnia da Escola de Veterinária da UFMG. In: *SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS RUMINANTES*,1, 1995, Anais...Viçosa: 1995. p. 389-417.
- ROONEY, L.W.; MILLER, F.R.. Variation in the Structure and Kernel characteristics of Sorghum. In: International Symposium on Sorghum Grain Quality, 1981, Anais... Patancheru:1981. P. 143-169.
- ROONEY, L.W.; PFLUGFELDER, R.L. Factors Affecting Starch Digestibility with Special Emphasis on Sorghum and Corn. *Journal of Animal Science*, v.63, n.5, p.1607-1623,1986.
- ROONEY, L.W. Methods of Processing Sorghum for Livestock Feeds. In: Gomez, M. I . , House, L.R.; Rooney, L.W. et al. (eds.) *Utilization of sorghum and millets*. Patancheru: International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics, 1992. p.167-171.
- ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L. (eds). *Tabelas brasileiras para aves e suínos*. Viçosa: UFV, 2000. 141p.
- SANTOS, J. P.. *Controle de pragas durante o armazenamento de milho*. Sete Lagoas: EMBRAPA - CNPMS, 2006. 20 p. (Circular Técnica 84) Disponível em: <http://www.cnpms.embrapa.br/>. Acesso em: 05/04/2011.
- SAUVANT, D. Consequences digestives et zootechniques des variations de la vitesse de digestion de l' amidon chez les ruminants. *INRA Produccion Animal*,v. 10 , n.4 , p.287-300, 1997.
- SAUVANT, D.; MESCHY, F.; MERTENS, D. Les composantes de l'acidose ruminale et les effets acidogènes des rations. *INRA Produccion Animal*,v. 12 , n.1 , p.49-60, 1999.
- SCHAKE, L. M.; RIGGS, J. K.; BUTLER, O. D. Commerical Feedlot Evaluation of Four Methods of Sorghum Grain Processing. *Journal of Animal Science*, v.34, n.6, p.926-930, 1972.
- SCHMIDT, P.; MARI, L. J.; NUSSIO, L. G. et al. Aditivos químicos e biológicos na ensilagem de cana-de-açúcar. 1. Composição química das silagens, ingestão, digestibilidade e comportamento ingestivo. *Revista Brasileira Zootecnia*, v.36, n.5, suplemento n. 5, p.1666-1675, 2007

SILVA, J.F.C. da. Mecanismos reguladores de consumo. In: BERCHIELLI, T.T.; PIRES, A.V.; OLIVEIRA, S.G. (Ed.) *Nutrição de ruminantes*. Jaboticabal: Funep, 2006. Cap.3, p.57-78.

SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. *Análises de alimentos: métodos químicos e biológicos*. 3.ed. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2002. 235p.

SILVA, S. L.; LEME, P. R.; PUTRINO, S. M. et al. Milho grão seco ou úmido com sais de cálcio de ácidos graxos para novilhos nelore em confinamento. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.36, n.5, p.1426-1434, 2007.

SNIFFEN, C. J.; O'CONNOR, J. D.; VAN SOEST, P. J. et al. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. *J Anim. Sci.*, v.70, n.11, p.3562-3577, 1992.

SIMPSON JR., E.J.; SCHAKE, L.M.; PFLUGFELDER, R.L. et al. Evaluation of moisture uptake, aerobic and anaerobic phases of reconstitution upon sorghum grain digestibility and performance of steers. *Journal of Animal Science*, v 60, n. 4, 877–882, 1985.

SORGHUM and millets ... FAO food and ... 1995. Disponível em:
<http://www.fao.org/docrep/t0818e/T0818E00.htm#Contents>. Acesso em: 01/02/11.

STOCK, R. A.; BRINK, D. R.; BRITTON, R. A. et al. Feeding combinations of high moisture corn and dry-rolled grain sorghum to finishing steers. *Journal of Animal Science*, v.65, n. 1, p. 290–302, 1987.

SULLINS, R.D.; ROONEY, L.W. Light and scanning electron microscopy studies of waxy and nonwaxy endosperm sorghum varieties. *Cereal Chemistry*, v.52, n. 3, p.361- 366, 1975.

TAYLOR, J.R.N. Non-starch polysaccharides, protein and starch: form function and feed - highlight on sorghum. Itália: *Zootecnicainternational*, 2008. Disponível em:
<<http://www.zootecnicainternational.com>>. Acessado em: 20/03/2010.

THEURER, C. B. Grain processing effects on starch utilization by ruminants. *Journal Of Animal Science*, v63,n. 5, p.1649-1662, 1986.

TSUNECHIRO, A.; MARIANO, R.M.; MARTINS, V. A. Produção e preços de sorgo no estado de São Paulo, 1991-2001. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, v.1, n.1, p.15-24, 2002. Disponível em: <http://www.abms.org.br/revista/revista_v1_n1/pdf/artigo_02_alfredo.pdf>. Acesso em: 20/03/2010.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA - UFV. SAEG - *Sistema de análises estatísticas e genéticas*. Versão 7.1. Viçosa, MG: 1997

VALADARES FILHO, S. C.; BRODERICK, G. A.; VALADARES, R.F.D.. Effect of Replacing Alfalfa Silage with High Moisture Corn on Nutrient Utilization and Milk Production. *Journal of Dairy Science*, v. 83, n. 1, p. 106–114. 2000.

VALADARES FILHO, S.C.; MACHADO, P.A.S.; CHIZZOTTI, M.L. et al. [2011]. Tabelas Brasileiras de Composição de Alimentos para Bovinos. CQBAL 3.0. Disponível em: <<http://www.ufv.br/cqbal>>. Acesso em: 20/01/2011.

VALADARES FILHO, S.C; MARCONDES, M.I; CHIZZOTTI, M.L.; et al. Exigências nutricionais de zebuínos e tabelas de composição de alimentos / BR-CORTE 2ª edição. Viçosa: UFV, 2010. 193p.

VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B.; LEWIS, B.A. Methods for dietary fiber, neutral detergent, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, v.74, n.10, p.3583-3597, 1991.

VIDAL-VALVERDE, C.; FRIAS, J.; ESTEBAN, R.. Dietary fiber in processed lentils. *Journal Of Food Science*, v. 57, n. 5, p.1161-1163,

VIDAL-VALVERDE, C.; FRIAS, J.; PRODANOV, M. et al..Effect of natural fermentation on carbohydrates, riboflavin and trypsin inhibitor activity of lentils. *Z Lebensm Unters Forsch*, v. 197, n. 5, p. 449-452, 1993.

WHEELER, W.C.; NOLLER, C. H.. Gastrointestinal Tract pH and Starch in Feces of Ruminants. *Journal Of Animal Science*. v. 44, n.1, p. 131-135, 1977.

WILLIAMS, C. H.; DAVID, D. J.; IISMAA, O. The determination of chromic oxide in faeces samples by atomic absorption spectrophotometry. *Journal of Agricultural Science*, v.59, n.3, p.381-385, 1962.

WHITE, D.; NEWSON, J.; NEUHAUS, V. et al. Grinding Milo Before vs after reconstitution. *Oklahoma Agricultural Experiment Station, Animal Science Research*, p. 39-43, 1969. Disponível em: <http://beefextension.com/research_reports/research_56_94/rr69/rr69_6.pdf>. Acessado em: 25/03/2009.

World Agricultural Production. Circular Series 12-10 2010. United States Department of Agriculture. Disponível em: <http://www.fas.usda.gov/wap/circular/2010/10-12/productionfull12-10.pdf>. Acesso em: 01/01/2011.

XIONG, Y.; BARTLE, S. J.; PRESTON, R. L. et al. Estimating starch availability and protein degradation of steam-flaked and reconstituted sorghum grain through a gas production technique. *Journal of Animal Science*, v. 68, n. 11, p.3880-3885, 1990.

YAN, S.; WU, X.; MACRITCHIE, F. Germination-Improved Ethanol Fermentation Performance of High-Tannin Sorghum in a Laboratory Dry-Grind Process. *Cereal Chemistry*, v.86, n.6, p.597- 600, 2009. Disponível em: <<http://cerealchemistry.aaccnet.org/doi/abs/10.1094/CCHEM-86-6-0597?prevSearch=allfield%253A%2528sorghum%2529&searchHistoryKey=>>> Acessado em: 25/03/2010.

ZINN, R. A.; OWENS, F. N.; WARE, R. A.. Flaking corn: Processing mechanics, quality standards, and impacts on energy availability and performance of feedlot cattle. *Journal of Animal Science*. V. 80, n. 5, p.1145–1156, 2002.