



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

**DEGRADAÇÃO RUMINAL DE DIETAS À BASE DE MILHO EM
SUBSTITUIÇÃO AO GRÃO DE SORGO COM ALTO TANINO**

GABRIEL HENRIQUE OLIVEIRA ALMEIDA

Zootecnista

AREIA – PB

JUNHO – 2015

GABRIEL HENRIQUE OLIVEIRA ALMEIDA

**DEGRADAÇÃO RUMINAL DE DIETAS À BASE DE MILHO EM
SUBSTITUIÇÃO AO GRÃO DE SORGO COM ALTO TANINO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Federal da Paraíba, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Zootecnia.

Comitê de Orientação:

Profa. Dra. Lara Toledo Henriques – Orientador principal

Prof. Dr. Gherman Garcia Leal de Araújo - EMPRAPA

Prof. Dr. Severino Gonzaga Neto -DZ/UEPB

**AREIA – PB
JUNHO – 2015**

Ficha Catalográfica Elaborada na Seção de Processos Técnicos da
Biblioteca Setorial do CCA, UFPB, Campus II, Areia – PB.

A447d Almeida, Gabriel Henrique Oliveira.

Degradação ruminal de dietas à base de milho em substituição ao grão de sorgo com alto tanino / Gabriel Henrique Oliveira Almeida. - Areia: UFPB/CCA, 2015.

54 f.: il.

Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Centro de Ciências Agrárias. Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2015.

Bibliografia.

Orientadora: Lara Toledo Henriques.

1. Bovinos – Alimentação 2. Dietas para bovinos – Milho 3. Ruminantes – Grão de sorgo I. Henriques, Lara Toledo (Orientadora) II. Título.

UFPB/CCA

CDU: 636.2(043.3)



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

PARECER DE DEFESA DO TRABALHO DE DISSERTAÇÃO

TÍTULO: “Efeito do grão de sorgo com alto tanino sobre a digestão em bovinos”.

AUTOR: Gabriel Henrique oliveira Almeida

ORIENTADORA: Profa. Dra. Lara Toledo Henriques

J U L G A M E N T O

CONCEITO: APROVADO

EXAMINADORES:

**Profa. Dra. Lara Toledo Henriques
Presidente
Universidade Federal da Paraíba**

**Profa. Safira Valença Bispo
Examinadora
Universidade Federal da Paraíba**

**Profa. Dra. Ângela Maria Vieira Batista
Examinadora
Universidade Federal Rural de Pernambuco**

Areia, 29 de junho de 2015

Aos meus pais Paulo Henrique e Paula Frassinete, que dedicaram suas vidas pura e inteiramente ao trabalho e aos filhos os ensinando o verdadeiro sentido de amar e respeitar o próximo, um exemplo de humildade e dignidade

Ao meu primo, amigo e segundo Pai, Pe. Virgílio Bezerra de Almeida, que em sua simplicidade e generosidade sempre me guia pessoal e espiritualmente

À minha querida Celina Dias, pelo amor, companheirismo, cumplicidade, amizade e incentivo

À ciência, que este estudo possa tornar-se parte do conhecimento da comunidade científica e assim contribuir para os seus avanços

Dedico

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus por nos conceder o dom da vida, poder desfrutar e partilhar todas as coisas boas deste mundo, nos dando discernimento e guiando nossos passos. Hoje mais um resultado de muito esforço e dedicação sob seus cuidados.

Aos meus pais Paulo e Paula pela infinita bondade e amor, meus pilares, que fortificam meus passos e estão comigo no bom e no ruim, meus verdadeiros amigos!

Aos meus irmãos, parte de mim, Patrícia Oliveira e Plínio Almeida e aos meus tios Plínio Jr. e Maria Tereza pelo amor e afeto.

Ao meu querido Miguel que sempre me arranca um sorriso com o seu amor e carinho, tornando o meu dia mais feliz, seu tio lhe ama.

À minha querida Celina Dias, pelo carinho e incentivo, companheira de todas as horas, sem palavras!

A Leonel Caraciolo de Brito Almeida, tudo que lhe agradecer é pouco meu irmão, eu chego lá!

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), pela concessão da bolsa de auxílio aos estudos.

À Universidade Federal da Paraíba, pela oportunidade de conceder mais um degrau subido na minha trajetória, minha segunda casa durante este período.

À Semeali, pela doação das sementes de sorgo para realização deste projeto e por acreditar no nosso trabalho.

À Professora Lara Toledo Henriques, minha orientadora, por confiar em mim, acreditar no meu trabalho e colaborar no desenvolvimento desta pesquisa.

Aos Co – Orientadores Professores Severino Gonzaga Neto, pelo total apoio desde o início e pela confiança depositada na minha pessoa para condução deste grandioso trabalho e Gherman Garcia Leal de Araújo pela relevante contribuição.

Às duas avós de coração Luzia e Josefa em nome das suas famílias que me acolheram de coração aberto, do jeito peculiar de cada um, pela amizade e carinho.

À Jacilene Maria de Castro, minha sogra, pela amizade, generosidade, conselhos e atenção de mãe.

Amigos de verdade são irmãos que não de sangue, mas de coração, são os que descobrimos durante a passagem por este plano. Agradeço imensamente a Severino Guilherme e Vinícius Fonseca, meus pedestais, minhas muletas, meus compadres da ciência.

Aos animais do meu experimento, pela contribuição como meus objetos de estudo, sem eles nada seria realizado.

Ao laboratório de análise de alimentos, em nome do Professor Ariosvaldo Medeiros, Alenice Ramos e Juraci Marcos e todos que fazem parte da equipe.

Aos meus estimados Professores Edgar Pimenta e Safira Valença pela amizade, confiança, respeito, conselhos e idéias trocadas.

Ao Departamento de Bovinocultura de Leite da UFPB, em nome de Leandro José, sou muito grato a todos que contribuíram direta e indiretamente com a minha pesquisa.

A Carla Giselly pela ajuda e desenvolvimento das atividades e aos bolsistas PIBIC na condução desta pesquisa: Elton, Jéssyca e Rogério.

As inúmeras pessoas que colaboraram com o único interesse, o de ajudar, para que este trabalho fosse planejado, executado e concluído, sintam-se agradecidos.

Meu Muito Obrigado!

“Desistir... eu já pensei seriamente nisso, mas nunca me levei realmente a sério; é que tem mais chão nos meus olhos do que o cansaço nas minhas pernas, mais esperança nos meus passos, do que tristeza nos meus ombros, mais estrada no meu coração do que medo na minha cabeça”.

Cora Coralina.

Não existem pessoas burras ou inteligentes, apenas pessoas com habilidades e competências diferentes, algumas com facilidade de desenvolver atividades funcionais e/ou intelectuais inerentes ao ser humano, outras com a capacidade de executá-las. O conhecimento nos desenvolve, crescemos de acordo com os nossos interesses, não devemos jamais esquecer que somos humanos, sujeitos a erros e acertos todos os dias. Um título é apenas um título, não devemos perder a essência da humildade, generosidade, compreensão, sobretudo a igualdade, pois viemos do mesmo ponto de partida e nos encontraremos no mesmo ponto de chegada, uns antes, outros depois.

Gabriel Almeida

BIOGRAFIA DO AUTOR

Gabriel Henrique Oliveira Almeida – Filho de Paulo Henrique de Brito Almeida e Paula Frassinete Oliveira Almeida, nasceu em Pesqueira, Pernambuco, em 06 de maio de 1986. Em agosto de 2007 iniciou o curso de Zootecnia pela Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Garanhuns (UFRPE/UAG), colando grau em 18 de Janeiro de 2013. Em março de 2013 deu início à Pós Graduação em Zootecnia, em nível de Mestrado, na Universidade Federal da Paraíba desenvolvendo pesquisas na área de nutrição de ruminantes, concluindo em junho de 2015.

SUMÁRIO

Lista de tabelas	xi
Lista de figuras	xii
Resumo Geral	xiii
Overview	xiv
Capítulo I - Referencial Teórico	15
1. Introdução	16
2. Sorgo em substituição ao milho na alimentação de ruminantes	19
3. Taninos, seus efeitos na dieta de ruminantes e nos parâmetros fermentativos do rúmen	19
4. Referências Bibliográficas	22
Capítulo II - Efeito do sorgo com tanino sobre parâmetros ruminais em bovinos	26
Resumo	27
Abstract.....	29
1. INTRODUÇÃO	31
2. MATERIAIS E MÉTODOS	32
2.1 Local.....	32
2.2 Animais e dietas	32
2.3 Procedimentos experimentais e coletas de amostras.....	35
2.4 Determinação do teor de tanino do grão de sorgo.....	35
2.5 Determinação de pH, ácidos graxos voláteis (AGVs), nitrogênio amoniacal (N-NH ₃) e protozoários ciliados	35
2.6 Determinação da degradabilidade ruminal da matéria seca do grão de sorgo com tanino.....	36
2.7 Análises químicas.....	37
2.8 Análise Estatística	39
3. RESULTADOS EDISCUSSÃO	40
3.1 Consumo	40
3.2 Digestibilidade	41
3.3 Degradabilidade ruminal da matéria seca do grão de sorgo com tanino.....	43
3.4 Parâmetros ruminais (pH, N-NH ₃ e AGVs) e contagem de protozoários ciliados	44
4. CONCLUSÃO.....	49
5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	50

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Composição bromatológica dos ingredientes utilizados, com base na matéria seca (MS).....	31
Tabela 2 – Composição das dietas com base na matéria seca (MS%)	32
Tabela 3 – Consumo médio, erro padrão da média (EPM), coeficiente de variação (CV) e significância para modelo linear e quadrático dos níveis de substituição do milho pelo sorgo	38
Tabela 4 – Médias, erro padrão da média (EPM), coeficiente de variação (CV), equação de regressão (ER) e significância para modelo linear e quadrática da digestibilidade aparente de acordo com os tratamentos experimentais	39

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Degradabilidade do grão de sorgo em ambientes ruminais com níveis de substituição do milho pelo sorgo em 0, 33, 67 e 100%	41
Figura 2 – Variação do pH e N-NH ₃ ruminal de bovinos em função dos horários de coleta antes e após o fornecimento das dietas	43
Figura 3 – Variação dos ácidos graxos voláteis (acético, propiônico e butírico) no rúmen de bovinos em função dos horários de coleta antes e após o fornecimento das dietas....	44
Figura 4 – Número de protozoários totais no rúmen em função dos níveis de substituição do milho pelo sorgo	46

DEGRADAÇÃO RUMINAL DE DIETAS À BASE DE MILHO EM SUBSTITUIÇÃO AO GRÃO DE SORGO COM ALTO TANINO

Resumo Geral: Objetivou-se avaliar os efeitos da substituição do milho pelo grão de sorgo com alto tanino sobre o consumo, digestibilidade, parâmetros ruminais (pH, N-NH₃ e AGVs), degradabilidade da matéria seca do grão de sorgo com alto tanino e contagem de protozoários ciliados em bovinos fistulados no rúmen. Foram utilizados 4 bovinos adultos machos castrados, mestiços Holandês x Zebu, com peso vivo de 518,8 ± 30,6 Kg, distribuídos em um delineamento quadrado latino (DQL) seguindo modelo 4x4. Os tratamentos experimentais consistiram na substituição de milho por grão de sorgo com alto tanino em níveis crescentes de 0, 33, 67 e 100% na matéria seca (%MS) e como fonte de volumoso, silagem de capim elefante. Todas as análises foram feitas utilizando o pacote estatístico (SAS, 2009. Institute Inc., Cary, NC). Não houve efeito significativo sobre o consumo de MS e nutrientes (P>0,05) em função dos níveis de substituição do milho pelo sorgo. Verificou-se efeito linear decrescente (P<0,05) sobre o coeficiente de digestibilidade apenas da PB e FDNcp a medida que se aumentou da proporção do sorgo nas dietas. As mensurações dos parâmetros ruminais foram realizadas antes, 2, 4 e 6 horas após a suplementação. O pH do rúmen variou entre 6,1 e 6,7 durante os horários de coleta, não havendo diferença significativa entre os tratamentos (P=0,57) nem para interação tratamento x hora (P=0,24), porém o horário de coleta apresentou efeito quadrático (P<0,05), atingindo os menores valores quatro horas após o fornecimento da ração. Os valores de N-NH₃ variaram entre 3,18 e 20,97 mg/dL durante os horários de coleta, não ocorrendo diferença significativa entre os tratamentos (P=0,35), ou para interação tratamento x hora (P=0,66), no entanto, apresentou efeito quadrático em relação ao horário de coleta (P<0,05), com pico de produção 2 horas após o fornecimento da ração. As concentrações dos AGVs (acético, propiônico e butirico) e a relação acetato/propionato não diferiram entre os tratamentos (P>0,05), nem houve interação entre tratamento x horário (P>0,05) para estas variáveis, no entanto, ácido acético e propiônico apresentaram efeito linear crescente (P<0,05) para os horários de coleta ao se substituir milho por sorgo. A contagem de protozoários ciliados reduziu linearmente (P<0,05) ao se elevar o nível de sorgo nas dietas. O grão de milho triturado pode ser substituído pelo grão de sorgo com alto tanino em dietas para bovinos adultos.

Palavras chave: Bovinos; ciliados; milho; parâmetros ruminais.

DETERIORATION RUMINAL DIETS TO CORN BASED ON REPLACEMENT TO SORGHUM GRAIN WITH HIGH TANNIN

Overview: This study aimed to evaluate the effects of replacing corn with sorghum grain with high tannin on the intake, digestibility, ruminal parameters (pH, N-NH₃ and VFA) degradability of the dry matter of sorghum grain with high tannin and counting of ciliated protozoa in the rumen cannulated cattle. We used four adult cattle castrated male crossbred Holstein x Zebu with a live weight of 518.8 ± 30.6 kg, distributed in a Latin square design (DQL) following 4x4 model. The treatments consisted in the replacement of corn by sorghum grain with high tannin in increasing levels of 0, 33, 67 and 100% of dry matter (% MS) and as a source of roughage, silage of elephant grass. All analyzes were performed using the statistical package (SAS Institute Inc. 2009, Cary, NC). There was no significant effect on DM intake and nutrient ($P > 0.05$) on the basis of corn replacement levels for sorghum. There was a decreasing linear effect ($P < 0.05$) on the digestibility of CP and only NDFap the measure that increased the proportion of sorghum in dietas. As measurements of ruminal parameters were performed before, 2, 4 and 6 hours after suplementação. O rumen pH ranged between 6.1 and 6.7 during the collection times, with no significant difference between treatments ($P = 0.57$) or for treatment x time interaction ($P = 0.24$) But the collection schedule showed a quadratic effect ($P < 0.05$), reaching the lowest values four hours after delivery of the feed. The N-NH₃ values ranged between 3.18 and 20.97 mg / dL during the collection times, no significant differences between treatments ($P = 0.35$), or interaction treatment x time ($P = 0.66$), however, showed a quadratic effect in relation to collection time ($P < 0.05$), with peak production two hours after delivery of the feed. The concentrations of AGVs (acetic, propionic and butyric) and the acetate / propionate ratio did not differ between treatments ($P > 0.05$), nor was no interaction between treatment x time ($P > 0.05$) for these variables, however, acetic and propionic acid showed increasing linear effect ($P < 0.05$) for the collection times to replace corn by sorghum. The ciliate protozoa count decreased linearly ($P < 0.05$) when raising the level of sorghum in the diets. The ground corn can be replaced by grain sorghum with high tannin diets to adult cattle.

Keywords: Cattle; ciliates; corn; ruminal parameters.

Capítulo I

Referencial Teórico

1. INTRODUÇÃO

O sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench.) é um dos cereais mais produzidos no mundo e tem ganhado destaque por apresentar-se como planta típica de clima quente e baixa exigência em fertilidade do solo, com tolerância ao estresse hídrico e salinidade, diferentemente de outras culturas como o trigo, cevada e milho. TABOSA et al. (1999) considera sua eficiência de uso de água superior à grande maioria das gramíneas tropicais, pois necessita, em média, apenas de 250 a 400g de água para produzir 1g de matéria seca.

Em vários países industrializados e em desenvolvimento, o sorgo é cultivado e utilizado principalmente na alimentação de suínos, aves e bovinos, sendo um dos ingredientes de maior importância seja na forma de grão, silagem ou feno (BANTILAN et al., 2004). Em termos nutricionais, o grão de sorgo mostra-se como uma alternativa ideal em substituição ao milho na alimentação animal, com valor energético próximo a 95% (NRC, 1994), e composição química próxima a do milho (VALADARES FILHO et al., 2002), contudo, esta, varia conforme o genótipo, pois algumas variedades mais resistentes podem apresentar tanino.

Os taninos possuem compostos fenólicos resultantes do metabolismo secundário das plantas, com alto peso molecular e capacidade de precipitar proteínas e outros polímeros como celulose, hemicelulose e pectina para formação de complexos estáveis (GOLDSTEIN e SWAIN, 1963). MAKKAR (2003) caracteriza-os como hidrolisáveis e condensados, e afirma que podem desenvolver efeitos benéficos e adversos, a depender da concentração e natureza, percentual na dieta, espécie, animal e seu estado fisiológico.

O aumento da disponibilidade de proteína no intestino, redução da concentração de amônia no rúmen e tolerância a parasitas gastrointestinais somam benefícios à produção. Em contrapartida, redução do consumo voluntário, baixa concentração e produção de ácidos graxos voláteis (AGVs) no rúmen e diminuição da digestibilidade dos alimentos contam como fatores adversos dos taninos condensados para animais ruminantes WAGHORN (2008).

Taninos geralmente são considerados na nutrição animal como fatores antinutricionais, os quais, em maior grau, possuem atributos negativos como diminuição da palatabilidade, devido à adstringência e sabor amargo, menor consumo de alimentos pelos ruminantes e menor digestibilidade da proteína (MAKKAR, 2003) em decorrência da formação de complexos tanino-proteína que impedem sua utilização pelos

microrganismos ruminais. Os taninos condensados podem apresentar maior toxicidade aos microrganismos devido à dificuldade destes em degradá-los (NOZELLA, 2006). MAKKAR (2003), afirmou que efeitos sobre a diminuição no consumo de ração foram observados quando a inclusão de tanino condensado em dietas foi maior que 3% da MS.

Estudos recentes têm mostrado melhorias do valor nutricional do sorgo na alimentação animal, resultado da introdução de variedades com baixo tanino, que tem levado a um melhor conhecimento sobre a utilização de dietas à base de sorgo (BENZ et al., 2011). MYER et al. (1986), observaram quantidades significativas de tanino condensado na testa do grão de sorgo, o que pode classificá-los como sorgo com alto tanino (1,3 a 3,6%) ou baixo tanino (0,1 a 0,7%). Alguns trabalhos relatam a utilização do grão de sorgo com alto tanino misturado ao milho na dieta de bovinos e um deles observou efeito associativo positivo (LARRAÍN et al., 2009), que pode estar atribuído à taxa de digestão diferenciada ou com a velocidade de passagem distinta no rúmen, favorecendo um ambiente mais estável ao longo do tempo (BERCHIELLI et al., 2011; LARRÍN et al., 2009). HUCK et al. (1998), observaram melhor desempenho de novilhos em terminação quando utilizadas dietas a base de mistura 2:1 milho floculado e grão de sorgo com baixo tanino, que quando administrados separadamente.

O grão de sorgo com alto tanino pode ser uma fonte energética alternativa de alimentos para ruminantes durante o período de estiagem. A inclusão deste grão de sorgo nas dietas para bovinos podem alterar os padrões fermentativos no rúmen, conseqüentemente, o desempenho produtivo dos animais. Para isto, um estudo mais acurado sobre estes aspectos é necessário e poderá nos dar subsídio sobre seus efeitos na nutrição.

2. SORGO EM SUBSTITUIÇÃO AO MILHO NA ALIMENTAÇÃO DE RUMINANTES

Conforme as tabelas brasileiras de composição dos alimentos, milho e sorgo apresentam características nutricionais semelhantes em relação ao valor energético, sendo o milho superior, porém, evidencia-se um maior teor de proteína e um menor teor de alguns aminoácidos para o sorgo (VALDARES FILHO et al., 2002; ROSTANGNO et al., 2005) como lisina, metionina e treonina (WALL e PAULIS, 1978).

Apesar de estes dois cereais apresentarem valores nutricionais próximos, o amido e proteína presentes no endosperma do grão de sorgo contém ligações com

proalaminas (Kafirinas) (FIALHO et al., 2010), proteínas de reserva, que em sua forma molecular e insolúvel favorecem a deposição de componentes nitrogenados adequados para o desenvolvimento das sementes (WALL e PAULIS, 1978), resultando em uma menor digestibilidade dos nutrientes para os animais. DEMARCHI et al. (1995), revalidam esta idéia concluindo que o sorgo apresenta maior teor de kafirina, uma forte matriz protéica, que reduz a digestibilidade do amido presente no grão, protegendo-o da degradação microbiana.

Em seus estudos, IGARASI et al. (2008), avaliando a substituição de grão úmido de sorgo pelo de milho como fonte energética na dieta de bovinos confinados, com altos níveis de concentrado, não observaram diferença significativa no desempenho e qualidade da carcaça dos animais, atribuindo este resultado a taxas semelhantes de degradabilidade do amido presente nos grãos.

O amido é considerado uma das principais fontes energéticas de vegetais, exercendo papel fundamental na síntese microbiana em ruminantes como fonte de energia e esqueletos de carbono (MELLO JR., 1991). O tipo de proteína e sua distribuição no endosperma dos grãos de sorgo são fatores que podem influenciar a digestibilidade da proteína e do amido (DUODU et al., 2003). A estrutura da matriz protéica do sorgo apresenta endosperma periférico mais duro, denso e resistente a absorção de água, ação física e enzimática (RONNEY e PFLUGFELDER, 1986).

O grão de sorgo precisa de um maior tempo de exposição no rúmen (próximo a 48 horas), que outros cereais, pois fermentam mais lentamente. Sendo assim, quando administrado com outros grãos, pode oferecer ao rúmen um ambiente mais elevado em amido estável dentro de um maior espaço de tempo, somando efeitos positivos sobre eficiência produtiva. Quando misturados dois tipos de grãos, pode ocorrer um melhor padrão fermentativo que quando oferecido um único tipo, devido um aumento de amido disponível imediatamente após a alimentação (BROUK e BEAN, 2014).

Em decorrência da grande variabilidade genética, as características agronômicas e valor nutritivo do sorgo podem determinar o consumo pelo animal e afetar ou não o seu desempenho (PEDREIRA et al., 2003) devido à presença de tanino no grão (DEMARCHI et al., 1995). Alguns desses cultivares foram desenvolvidos para criar resistência ao ataque de pássaros, fungos e insetos, apresentando quantidades consideráveis destes compostos fenólicos.

3. TANINOS, SEUS EFEITOS NA DIETA DE RUMINANTES E SOBRE OS PARÂMETROS FERMENTATIVOS DO RÚMEN

Taninos são compostos fenólicos com grupos hidroxifenólicos e alto peso molecular capazes de formar fortes efetivos complexos com proteínas e outras macromoléculas (REED, 1995). Podem ser classificados como taninos hidrolisáveis (TH) ou taninos condensados (TC). Os hidrolisáveis são pouco encontrados na natureza, definidos como poliésteres de ácidos fenólicos (ácido elágico e ácido gálico), potencialmente tóxicos, mas também degradável no rúmen (MULLER-HARVEY e McALLAN, 1992). Entretanto, WAGHORN e McNABB (2003), ressaltam que taninos hidrolisáveis podem ser tóxicos aos ruminantes quando fornecidos em grandes quantidades, com tempo insuficiente para a adaptação da microbiota ruminal. Porém, os animais podem se adaptar a dietas contendo tanino hidrolisável quando sua administração nos alimentos é adequada. No entanto, as informações com enfoque na nutrição ainda são limitadas, restringindo-se apenas aos efeitos tóxicos ao animal.

Taninos condensados encontram-se em maior quantidade nos vegetais, são conhecidos como proantocianidinas, metabólitos secundários, e não desempenham papel conhecido no metabolismo da planta (WAGHORN, 2008), são polímeros de unidades de flavanol (flavan-3-ol), catequinas e epicatequinas, ligadas por ligações carbono-carbono que não são susceptíveis à degradação enzimática anaeróbia (LOWRY et al., 1996; McSWEENEY et al., 2001; MANGAN, 1998).

MUELLER-HARVEY (2006) relata que vários estudos tem reportado através de ensaios com tanino, os benefícios da sua utilização e seus efeitos nutricionais, fisiológicos e metabólicos, buscando relacionar estrutura *vs.* atividade e avaliar sua aptidão para predizer a resposta animal.

Alguns taninos parecem promover benefícios aos ruminantes em decorrência da formação do complexo tanino-proteína, disponibilizando menos proteína no rúmen e mais no intestino delgado, processo conhecido como *by pass*. Em alguns casos pode ocorrer menor excreção de nitrogênio (N) na urina, evidenciando-se melhor absorção de aminoácidos dietéticos de alimentos com tanino, quando comparados com sem tanino (WANG et al., 1996; McMAHON et al., 2000). Uma possível explicação para ligeira excreção fecal de N pode ter origem no tipo de tanino utilizado, que quando não é capaz de complexar com a proteína dietética e torná-la *by pass*, une-se com a proteína endógena ou ainda com as paredes celulares de bactérias ou secreções, tecidos animais

ou saliva, depreciando dessa forma, sua disponibilidade para o animal (KOMOLONG et al., 2001).

Em seu estudo JANSMAN (1993), afirma que as ligações entre o tanino e os nutrientes dos alimentos, podem torná-los menos digeríveis, havendo uma tendência em reduzir principalmente a digestibilidade da proteína, carboidratos, amido e parede celular. Para McNEILL (1998), as exigências de energia e proteína em ruminantes devem estar equilibradas para que os taninos possam exercer efeitos benéficos utilizando a proteína *by pass*. Em dietas com espécies de Lotus, concentrações de tanino condensado <50g de TC/Kg/MS, foram consideradas benéficas (McMAHON et al., 2000). Utilizando Sulla (*Hedysarum coronarium* L.) com 72g de TC/Kg/MS e Sainfoin (*O. viciifolia*) com 80g de TC/Kg/MS para ovinos, ULYATT et al.,(1977) e STIENEZEN et al.,(1996) obtiveram altos valores nutritivos nas dietas. VITTI et al. (2005), não constataram efeitos benéficos sobre os saldos de N em ovelhas, utilizando concentrações relativamente baixas (<30g de TC/kg/MS) de plantas da caatinga brasileira, *L. leucocephala* e *S. sesban* SADANANDAN e ARORA (1979), citado por KUMMAR e SINGH (1984), verificaram diminuição nos valores de ácidos graxos voláteis (AGVs), DNA microbiano e RNA em ruminantes com o aumento de ácido tânico na dieta.

Historicamente os taninos têm sido considerados como fatores antinutricionais, por reduzir o consumo de matéria seca, utilização de nutrientes, principalmente da proteína, diminuição da palatabilidade e várias atividades de enzimas (MAKKAR, 2003). Dados sugerem TC podem inibir a capacidade das enzimas endógenas de clivar proteínas em peptídeos e aminoácidos inibindo sua absorção (MUELLER-HARVEY, 2006). Porém WANG et al. (1996), utilizando *L. corniculatus* (44,5g de TC/kg/MS), relataram a eficiência na produção e o aumento da proteína do leite em ovelhas, que pode ser explicado pela maior disponibilidade de aminoácidos intestinais como lisina e metionina, confirmando a ação dos taninos neste trabalho. Taninos condensados tendem sempre a aumentar o fluxo de proteína vegetal para o intestino e reduzir a absorção de amônia do rúmen. Apesar de o TC dissociar-se da proteína com a queda pH, abaixo de 3,5 (*in vitro*), não significa necessariamente que a proteína vai ser digerida e posteriormente absorvida no intestino (WAGHORN, 2008).

PATRA e SAXENA (2010), propuseram que as maiores concentrações de taninos em dietas, que permanecem livres após a ligação com proteínas, pode deprimir a digestão da fibra por complexação lignocelulose impedindo assim a digestão microbiana

ou inibindo diretamente microrganismos e atividade celulolítica e fibrolíticas de enzimas ou de ambos. Em sua pesquisa, BEN-GHEDALIA e TAGARI (1977), citado por KUMMAR e SINGH (1984), concluíram que ovinos alimentados com silagem de sorgo com (18,7 g de TC Kg/MS), obtiveram menor digestibilidade da fibra e menor atividade microbiana no rúmen quando comparado com ovelhas alimentadas com silagem de milho contendo (6,6 g de TC/kg/MS).

Segundo WAGHORN (2008), todo sistema de produção eficiente, busca atender as exigências de energia e proteína dos rebanhos, com procura de benefícios econômicos. As exigências de proteína já foram definidas em ruminantes, dessa forma, quando as dietas têm excesso de proteínas em relação às necessidades dos animais, o TC pode reduzir a degradação ruminal sem limitar a disponibilidade de aminoácidos para absorção. No entanto, quando as concentrações de proteína nas dietas estão próximas ou abaixo do requerido pelo animal, qualquer concentração de TC poderá ser prejudicial para o seu desempenho.

Portanto, objetivou-se avaliar o efeito da substituição do milho pelo grão de sorgo com alto tanino em dietas para bovinos por meio da determinação do consumo, digestibilidade aparente, parâmetros ruminais (pH, nitrogênio amoniacal e ácidos graxos voláteis), degradabilidade da matéria seca do grão de sorgo e contagem de protozoários ciliados do rúmen em bovinos adultos.

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BANTILAN, C. S.; DEB. U. K.; GOWDA. C. L. L. et al. **Sorghum genetic enhancement: research process, dissemination and impacts**. International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics, 2004.
- BENZ, J. M.; TOKACH, M. D.; DRITZ, S. S. et al. Effects of increasing choice white grease in corn-and sorghum-based diets on growth performance, carcass characteristics, and fat quality characteristics of finishing pigs. **Journal of Animal Science**, v. 89, n. 3, p. 773-782, 2011.
- BERCHIELLI, T.T.; PIRES. A. V.; OLIVEIRA, S. G. **Nutrição de Ruminantes**. Funep, 2011. 586p.
- BROUK, M. J.; BEAN, B. Sorghum Checkoff. **Sorghum in Dairy Production Feeding Guide**. Disponível em: <<http://sorghumcheckoff.com/wpcontent/uploads/2012/06/dairyhandbookweb.pdf>>. Acesso em 20 nov. 2014, 23:54:12.
- DEMARCHI, J. J. A. A.; BOIN, C.; BRAUN, G. A cultura do sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) para a produção de silagens de alta qualidade. **Zootecnia, Nova Odessa**, v. 33, n. 3, p. 111-136, 1995.
- DUODU, K. G.; TAYLOR. J. R. N.; BELTON. P. S. et al. Factors affecting sorghum protein digestibility. **Journal of Cereal Science**, v. 38, n. 2, p. 117-131, 2003.
- FIALHO, E. T.; LIMA, J. A. F.; OLIVEIRA, V. et al. Substituição do milho pelo sorgo sem tanino em rações de leitões: digestibilidade dos nutrientes e desempenho animal. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 1, n. 01, 2010.
- GOLDSTEIN, J.; SWAIN, T. Changes in tannins in ripening fruits. **Phytochemistry**, v. 2, n. 4, p. 371-383, 1963.
- HUCK, G. L.; Kreikemeier, K. K.; Kuhl, G. L. et al. Effects of feeding combinations of steam-flaked grain sorghum and steam-flaked, high-moisture, or dry-rolled corn on growth performance and carcass characteristics in feedlot cattle. **Journal of Animal Science**, v. 76, n. 12, p. 2984-2990, 1998.
- 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.
- JANSMAN, A. J. M. Tannins in feedstuffs for simple-stomached animals. **Nutrition Research Reviews**, v. 6, n. 01, p. 209-236, 1993.

- KOMOLONG, M. K.; BARBER, D. G.; MCNEILL, D. M. Post-ruminal protein supply and N retention of weaner sheep fed on a basal diet of lucerne hay (*Medicago sativa*) with increasing levels of quebracho tannins. **Animal Feed Science and Technology**, v. 92, n. 1, p. 59-72, 2001.
- KUMAR, R.; SINGH, M. Tannins: their adverse role in ruminant nutrition. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 32, n. 3, p. 447-453, 1984.
- LARRAIN, R. E.; SCHAEFER, D. M.; ARP, S. C. et al. Finishing steers with diets based on corn, high-tannin sorghum, or a mix of both: Feedlot performance, carcass characteristics, and beef sensory attributes. **Journal of Animal Science**, v. 87, n. 6, p. 2089-2095, 2009.
- LOWRY, J. B.; McSWEENEY, C. S.; PALMER, B. Changing perceptions of the effect of plant phenolics on nutrient supply in the ruminant. **Crop and Pasture Science**, v. 47, n. 6, p. 829-842, 1996.
- MAKKAR, H. P. S. Effects and fate of tannins in ruminant animals, adaptation to tannins, and strategies to overcome detrimental effects of feeding tannin-rich feeds. **Small Ruminant Research**, v. 49, n. 3, p. 241-256, 2003.
- MANGAN, J. L. Nutritional effects of tannins in animal feeds. **Nutrition Research Reviews**, v. 1, n. 01, p. 209-231, 1988.
- McMAHON, L. R.; McALLISTER, T. A.; BERG, B. P. et al. A review of the effects of forage condensed tannins on ruminal fermentation and bloat in grazing cattle. **Canadian Journal of Plant Science**, v. 80, n. 3, p. 469-485, 2000.
- MCNEILL, D. M.; OSBORNE, N.; KOMOLONG, M. K. et al. Condensed tannins in the genus *Leucaena* and their nutritional significance for ruminants. In: **Leucaena Adaptation, Quality and Farming Systems**. 1998. p. 205-214.
- McSWEENEY, C. S.; PALMER, B.; MCNEILL, M. D. et al. Microbial interactions with tannins: nutritional consequences for ruminants. **Animal Feed Science and Technology**, v. 91, n. 1, p. 83-93, 2001.
- MELLO JR, C. A. Processamento de grãos de milho e sorgo visando aumento do valor nutritivo. **Simpósio Sobre Nutrição de Bovinos**, v. 4, p. 263-283, 1991.
- MUELLER-HARVEY, I; McALLAN, A. B. Tannins: Their biochemistry and nutritional properties. **Advances in Plant Cell Biochemistry and Biotechnology**, 1992.

- MUELLER-HARVEY, I. Unravelling the conundrum of tannins in animal nutrition and health. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 86, n. 13, p. 2010-2037, 2006.
- MYER, R. O.; GORBET, D. W.; COMBS, G. E. Nutritive value of high-and low-tannin grain sorghums harvested and stored in the high-moisture state for growing-finishing swine. **Journal of Animal Science**, v. 62, n. 5, p. 1290-1297, 1986.
- NOZELLA, E. F. **Valor nutricional de espécies arbóreo-arbustivas nativas da caatinga e utilização de tratamentos físico-químicos para redução do teor de taninos**. 2006. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. 99p.
- NRC. **Requirements of Nutrients of Poultry** (9th Ed.), National Academy Press, Washington, DC. 1994.
- PATRA, A. K.; SAXENA, J. A new perspective on the use of plant secondary metabolites to inhibit methanogenesis in the rumen. **Phytochemistry**, v. 71, n. 11, p. 1198-1222, 2010.
- PEDREIRA, M. S.; REIS, R. A.; BERCHIELLE, T. T. et al. Características agrônomicas e composição química de oito híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor*(L.) Moench). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 32, n. 5, p. 1083-1092, 2003.
- REED, J. D. Nutritional toxicology of tannins and related polyphenols in forage legumes. **Journal of Animal Science**, v. 73, n. 5, p. 1516-1528, 1995.
- 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.
- ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; DONZELE, J. L. et al. Composição de alimentos e exigências nutricionais. **Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos**, v. 2, 2005. 186p.
- STIENEZEN, M.; WAGHORN, G. C.; DOUGLAS, G. B. Digestibility and effects of condensed tannins on digestion of sulla (*Hedysarum coronarium*) when fed to sheep. **New Zealand Journal of Agricultural Research**. v. 39, n. 2, p. 215–221, 1996.
- TABOSA, J. N., LIMA, G. S., TAVARES FILHO, J. J. BRITO, A. R. M. B. 1999. Programa de melhoramento de sorgo e milho em Pernambuco. Disponível em: <<http://www.cpatsa.embrapa.br:8080/catalogo/livrorg/sorgo.pdf>>. Acesso em: 20 nov, 2014, 20:44:51.
- ULYATT, M. J.; LANCASHIRE, J. A.; JONES, W. T. The nutritive value of legumes. In: **Proceedings of the New Zealand Grassland Association**. 1977. p. 107-118.

- VITTI, D. M. S. S.; ABDALLA, A. L.; BUENO, I. C. S. et al. Do all tannins have similar nutritional effects? A comparison of three Brazilian fodder legumes. **Animal Feed Science and Technology**, v. 119, n. 3, p. 345-361, 2005.
- VALADARES FILHO, S. C.; ROCHA JR., V. R.; CAPPELLE, E. R. **Tabelas Brasileiras de Composição de Alimentos para Bovinos**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2002. 297p.
- WAGHORN, G. C. Beneficial and detrimental effects of dietary condensed tannins for sustainable sheep and goat production—Progress and challenges. **Animal Feed Science and Technology**, v. 147, n. 1-3, p. 116–139, nov. 2008.
- WAGHORN, G. C.; McNABB, W. C. Consequences of plant phenolic compounds for productivity and health of ruminants. **Proceedings of the Nutrition Society**, v. 62, n. 02, p. 383-392, 2003.
- WALL, J.S.; PAULIS, J.W. Corn and sorghum grain proteins. In: Pomeranz, Y., (Ed.), **Advances in Cereal Science and Technology, Volume II, American Association of Cereal Chemists**, St Paul, MN, p. 135–219.1978.
- WANG, Y.;WAGHORN, G. C.; McNABB, W. C. et al. Effect of condensed tannins in *Lotus corniculatus* upon the digestion of methionine and cysteine in the small intestine of sheep. **The Journal of Agricultural Science**, v. 127, n. 03, p. 413-421, 1996.

Capítulo II

Efeito do Grão de Sorgo com Alto Tanino Sobre a Digestão em Bovinos

ALMEIDA, G. H. O. **Efeito do grão de sorgo com alto tanino sobre a digestão em bovinos.** Dissertação (Mestrado em Nutrição de Ruminantes). Programa de Pós-Graduação em Zootecnia. UFPB. Areia-PB. Orientador: Profa. Lara Toledo Henriques. Co-Orientadores: Gherman Garcia Leal de Araújo e Severino Gonzaga Neto.

Resumo: Objetivou-se avaliar os efeitos da substituição do milho pelo grão de sorgo com alto tanino sobre o consumo, digestibilidade, parâmetros ruminais (pH, N-NH₃ e AGVs), degradabilidade da matéria seca do grão de sorgo com alto tanino e contagem de protozoários ciliados em bovinos fistulados no rúmen. Foram utilizados 4 bovinos adultos machos castrados, mestiços Holandês x Zebu, com peso vivo de 518,8 ± 30,6 Kg, distribuídos em um delineamento quadrado latino (DQL) seguindo modelo 4x4. Os tratamentos experimentais consistiram na substituição de milho por grão de sorgo com alto tanino em níveis crescentes de 0, 33, 67 e 100% na matéria seca (%MS) e como fonte de volumoso, silagem de capim elefante. Todas as análises foram feitas utilizando o pacote estatístico (SAS, 2009. Institute Inc., Cary, NC). Não houve efeito significativo sobre o consumo de MS e nutrientes (P>0,05) em função dos níveis de substituição do milho pelo sorgo. Verificou-se efeito linear decrescente (P<0,05) sobre o coeficiente de digestibilidade apenas da PB e FDNcp a medida que se aumentou da proporção do sorgo nas dietas. As mensurações dos parâmetros ruminais foram realizadas antes, 2, 4 e 6 horas após a suplementação. O pH do rúmen variou entre 6,1 e 6,7 durante os horários de coleta, não havendo diferença significativa entre os tratamentos (P=0,57) nem para interação tratamento x hora (P=0,24), porém o horário de coleta apresentou efeito quadrático (P<0,05), atingindo os menores valores quatro horas após o fornecimento da ração. Os valores de N-NH₃ variaram entre 3,18 e 20,97 mg/dL durante os horários de coleta, não ocorrendo diferença significativa entre os tratamentos (P=0,35), ou para interação tratamento x hora (P=0,66), no entanto, apresentou efeito quadrático em relação ao horário de coleta (P<0,05), com pico de produção 2 horas após o fornecimento da ração. As concentrações dos AGVs (acético, propiônico e butirico) e a relação acetato/propionato não diferiram entre os tratamentos (P>0,05), nem houve interação entre tratamento x horário (P>0,05) para estas variáveis, no entanto, ácido acético e propiônico apresentaram efeito linear crescente (P<0,05) para os horários de coleta ao se substituir milho por sorgo. A contagem de protozoários ciliados reduziu linearmente (P<0,05) ao se elevar o nível de sorgo nas dietas. O grão de milho triturado pode ser substituído pelo grão de sorgo com alto tanino em dietas para bovinos adultos.

Palavras chave: Bovinos; ciliados; milho; parâmetros ruminais.

ALMEIDA, G. H. O. **Sorghum grain effect of high tannin about digestion in cattle.** Dissertação (Mestrado em Nutrição de Ruminantes). Programa de Pós-Graduação em Zootecnia. UFPB. Areia-PB. Orientador: Profa. Lara Toledo Henriques. Co – Orientadores: Gherman Garcia Leal de Araújo e Severino Gonzaga Neto.

Abstract: Abstract: This study aimed to evaluate the effects of replacing corn with sorghum grain with high tannin on the intake, digestibility, ruminal parameters (pH, N-NH₃ and VFA) degradability of the dry matter of sorghum grain with high tannin and counting of ciliated protozoa in the rumen cannulated cattle. We used four adult cattle castrated male crossbred Holstein x Zebu with a live weight of 518.8 ± 30.6 kg, distributed in a Latin square design (DQL) following 4x4 model. The treatments consisted in the replacement of corn by sorghum grain with high tannin in increasing levels of 0, 33, 67 and 100% of dry matter (% MS) and as a source of roughage, silage of elephant grass. All analyzes were performed using the statistical package (SAS Institute Inc. 2009, Cary, NC). There was no significant effect on DM intake and nutrient ($P > 0.05$) on the basis of corn replacement levels for sorghum. There was a decreasing linear effect ($P < 0.05$) on the digestibility of CP and only NDFap the measure that increased the proportion of sorghum in dietas. As measurements of ruminal parameters were performed before, 2, 4 and 6 hours after suplementação. O rumen pH ranged between 6.1 and 6.7 during the collection times, with no significant difference between treatments ($P = 0.57$) or for treatment x time interaction ($P = 0.24$) But the collection schedule showed a quadratic effect ($P < 0.05$), reaching the lowest values four hours after delivery of the feed. The N-NH₃ values ranged between 3.18 and 20.97 mg / dL during the collection times, no significant differences between treatments ($P = 0.35$), or interaction treatment x time ($P = 0,66$), however, showed a quadratic effect in relation to collection time ($P < 0.05$), with peak production two hours after delivery of the feed. The concentrations of AGVs (acetic, propionic and butyric) and the acetate / propionate ratio did not differ between treatments ($P > 0.05$), nor was no interaction between treatment x time ($P > 0.05$) for these variables, however, acetic and propionic acid showed increasing linear effect ($P < 0.05$) for the collection times to replace corn by sorghum. The ciliate protozoa count decreased linearly ($P < 0.05$) when raising the level of sorghum in the diets. The ground corn can be replaced by grain sorghum with high tannin diets to adult cattle.

Keywords: Cattle; ciliates; corn; ruminal parameters.

1. INTRODUÇÃO

O milho é a principal fonte de energia utilizada nos sistemas de produção de ruminantes, porém, devido ao seu uso intenso na alimentação humana, de suínos e aves, em determinadas épocas do ano pode apresentar variações de preço consideradas elevadas e assim, sazonalidade de oferta no mercado. Dessa forma, inúmeros trabalhos vêm sendo desenvolvidos no intuito de encontrar fontes de energia alternativas.

O sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench.), apresenta-se como um substituto ideal conforme as tabelas brasileiras de composição dos alimentos. Milho e sorgo apresentam características nutricionais semelhantes em relação ao valor energético, sendo o milho superior, porém, evidencia-se um maior teor de proteína e um menor teor de alguns aminoácidos para o sorgo (VALDARES FILHO et al., 2002; ROSTANGNO et al., 2005) como lisina, metionina e treonina (WALL e PAULIS, 1978). Em seus estudos, IGARASI et al. (2008), avaliando a substituição de grão úmido de sorgo pelo de milho como fonte energética na dieta de bovinos confinados, com altos níveis de concentrado, não observaram diferença significativa no desempenho e qualidade da carcaça dos animais, atribuindo este resultado a taxas semelhantes de degradabilidade do amido presente nos grãos.

Algumas características peculiares ao sorgo tornam-no em algumas regiões, mais produtivos que o milho, pois exigem menos do solo, resistem a déficit hídrico, salinidade e algumas variedades, ao ataque de pássaros e fungos por possuírem tanino na sua composição. Em suas pesquisas, MYER (1986) identificou uma quantidade de taninos condensados em alguns cultivares e os classificou como de baixo tanino, para variedades com teor entre 0,3 e 0,7% e 1,3 a 3,6 % para variedades com alto tanino.

Taninos condensados estão presentes em maior quantidade nos vegetais, são conhecidos como proantocianidinas, metabólitos secundários, e não apresentam papel conhecido no metabolismo da planta (WAGHORN, 2008), são polímeros de unidades de flavanol (flavan-3-ol), catequinas, ligadas por ligações carbono-carbono que não são susceptíveis à degradação enzimática anaeróbia (LOWRY et al., 1996; MCSWEENEY et al., 2001; MANGAN, 1998). Alguns taninos parecem promover benefícios aos ruminantes em decorrência da formação do complexo tanino-proteína, disponibilizando menos proteína no rúmen e mais no intestino delgado, processo conhecido como *by pass* (WANG et al., 1996; McMAHON et al., 2000).

As ligações entre o tanino e os nutrientes do alimento, podem torná-los menos digeríveis, havendo uma tendência em reduzir principalmente a digestibilidade da proteína, carboidratos, amido e parede celular, processo, que impede a utilização destes, pelos microrganismos no rúmen(JANSMAN, 1993).

Diversos estudos com taninos (MCSWEENEY, 2001; MAKKAR, 2003; MUELLER-HARVEY, 2006) tem buscado conhecer os benefícios da sua utilização na dieta de ruminantes, seus efeitos nutricionais, fisiológicos e metabólicos, tentando relacionar estrutura vs. atividade e avaliar sua aptidão para prever a resposta animal.

Diante do exposto, objetivou-se avaliar o uso de grão de sorgo com alto tanino em substituição ao milho por meio da determinação do consumo e digestibilidade de nutrientes, parâmetros ruminais: pH, nitrogênio amoniacal (N-NH₃) e ácidos graxos voláteis (AGVs), degradabilidade da matéria seca do grão de sorgo e contagem de protozoários do rúmen em bovinos.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Todos os procedimentos realizados neste estudo foram aprovados pela Comissão de Ética no Uso de Animais da Universidade Federal da Paraíba de acordo com o protocolo N° 014/2015.

2.1 Local

O experimento foi conduzido entre os meses de maio e julho de 2014 no Laboratório de Ensino e Pesquisa em Bovinos de Leite do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal da Paraíba, Campus II, na cidade de Areia, Paraíba. Localizado fisiograficamente na microrregião do Brejo a uma altitude de 573m e, cartograficamente, a 6°57'42" de latitude sul e 35°41'43" de longitude oeste (INMET, 2014).

2.2 Animais e dietas

Quatro bovinos adultos mestiços Holandês x Zebu, machos castrados, com peso vivo (PV) de 518,8 ± 30,6 Kg, canulados no rúmen, foram distribuídos em um delineamento quadrado latino (DQL) seguindo modelo 4 x 4, quatro animais, quatro

tratamentos e quatro períodos. Os animais ficaram confinados em baias individuais 3 x 3m, cobertas e com piso de concreto, comedouro e bebedouro individual. Foram tratados contra ecto e endoparasitas e, em cada início e final do período experimental, eram pesados para se estimar o consumo de matéria seca. Cada período experimental teve duração de 15 dias, sendo 10 para adaptação às dietas e 5 para coleta de dados. As dietas foram formuladas de acordo com as exigências do National Research Council (NRC, 1996) visando atender as exigências de manutenção de um bovino macho castrado com 500 kg de PV. Foram constituídas de silagem de capim elefante, farelo de soja, milho e/ou grão de sorgo moído e farelo de trigo como concentrado, adicionados de uréia e mistura mineral, com relação 60:40 respectivamente. Na Tabela 1, observa-se a composição bromatológica dos ingredientes com base na matéria seca (MS).

Tabela 1. Composição bromatológica dos ingredientes utilizados, com base na matéria seca

Item (%)	Milho	Sorgo	Soja	Trigo	Silagem de
					Capim Elefante
Matéria seca	88,55	87,75	89,81	89,59	25,63
Matéria orgânica	93,85	90,81	90,30	91,52	93,77
Matéria mineral	6,15	9,19	9,70	8,48	6,23
Fibra em detergente neutro	28,03	26,52	20,60	45,68	77,49
Carboidratos totais	83,14	78,49	39,75	70,41	88,18
Carboidratos não fibrosos	55,11	51,98	19,15	24,72	13,20
Proteína bruta	8,62	9,64	48,57	18,16	3,77
Extrato etéreo	2,10	2,68	1,98	2,96	1,82
Fibra em detergente ácido	4,52	12,06	9,55	13,91	47,09
Tanino condensado	-	2,55	-	-	-

Os tratamentos experimentais consistiram na substituição de milho por grão de sorgo com alto tanino, ambos moídos em granulometria similar, nos níveis de 0, 33, 67 e 100% na matéria seca (%MS) descritos na Tabela 2.

Tabela 2. Composição das dietas em g/kg da matéria seca

Item (%)	Níveis de Substituição (%)			
	0	33	67	100
Milho	31,1	20,8	10,3	0,0
Sorgo	0,0	10,3	20,8	31,1
Soja	2,3	2,3	2,3	2,3
Trigo	4,6	4,6	4,6	4,6
Ureia	0,7	0,7	0,7	0,7
Mistura Mineral ^a	1,3	1,3	1,3	1,3
Silagem de capim elefante	60	60	60	60
Total	100	100	100	100
Matéria seca	506,9	508,0	505,9	505,3
Matéria orgânica	935,6	935,0	934,2	933,4
Matéria mineral	57,8	58,5	59,2	60,0
Fibra em detergente neutro	578,0	576,4	574,9	573,3
Fibra em detergente neutro corrigida ^b	550,1	545,6	541,1	536,5
Carboidratos totais	847,2	844,9	842,9	840,0
Carboidratos não fibrosos	311,9	314,1	316,1	318,2
Proteína bruta	87,7	88,7	89,9	91,0
Extrato etéreo	19,3	19,9	20,5	21,1
Fibra em detergente ácido	305,2	313,0	320,8	328,7
Nutrientes digestíveis totais	606,2	587,4	570,8	560,6
Tanino condensado	0	2,62	5,30	7,93

^aContém 24% Ca; 17,4% P; 100mg/kg Co; 1.250 mg/kg Cu; 1.795mg/kg Fe; 2.000 mg/kg Mn; 15mg/kg Se; 5.270mg/kg Zn; e 90mg/kg I.

^bFDNcp indica a fibra em detergente neutro corrigida para cinza e proteína.

O grão de sorgo e a silagem de capim elefante utilizados nas dietas dos animais foram produzidos nas dependências do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal da Paraíba. Os animais foram alimentados duas vezes ao dia (7 e 16 horas) na forma de dieta completa no intuito de diminuir a seletividade dos alimentos.

2.3 Procedimentos experimentais e coletas de amostras

Diariamente antes da alimentação dos animais, as sobras eram coletadas, pesadas e os dados registrados. O consumo de matéria seca (CMS) foi determinado pela média da diferença entre o peso do alimento fornecido e sobras, dos cinco dias de coleta de cada período experimental. Em cada período, no 12º, 13º, 14º e 15º dia, foi coletada uma amostra de fezes na ampola retal de cada animal às 12, 10, 8 e 6 horas respectivamente. Foram pesadas e submetidas em seguida a temperatura de 65°C por 72 horas em estufa de ventilação forçada e processadas em um moinho tipo Willey (Arthur H. Thomas Co., Filadélfia, PA, EUA), com peneira de malha 2 mm. Ao final de cada período experimental foi feita uma amostra composta para cada animal para posteriores análises. Os ingredientes da dieta e as sobras foram pesados durante os cinco dias de coleta e homogeneizados, obtendo-se uma amostra composta que foi seca em estufa de ventilação forçada a 65°C por 72 horas, em seguida processadas em um moinho tipo Willey através de uma peneira de malha 1 mm e armazenadas para análise.

2.4 Determinação do teor de tanino do grão de sorgo

A quantificação de taninos condensados foi realizada segundo o método do HCl-butanol (PORTER et al., 1986) e da vanilina (TIITTO-JULKUNEM, 1985), e a quantificação dos complexos tanino-proteína solúveis segundo o método de difusão radial (HAGERMAN, 1987).

2.5 Determinação do pH, ácidos graxos voláteis (AGVs), nitrogênio amoniacal (N-NH₃) e contagem de protozoários ciliados no rúmen

As amostras do líquido ruminal do 11º dia do período foram obtidas antes do fornecimento da dieta pela manhã (0h) e às 2, 4 e 6 horas após a alimentação. Em média 200 mL de líquido ruminal foram coletados através da cânula do rúmen, filtrados em camada dupla de gaze e obtendo-se imediatamente o valor do pH através de um pHmetro digital. Após a leitura, duas alíquotas de 40 mL, foram separadas individualmente para cada animal, horário e período. À primeira alíquota, foi adicionado 1 mL de H₂SO₄ (1:1), homogeneizada e armazenada em seguida a -20°C para posterior determinação de N-NH₃. As concentrações de amônia nas amostras de

líquido ruminal foram determinadas por destilação com hidróxido de potássio (KOH), conforme técnica de (FENNER, 1965), adaptada por (VIEIRA, 1980). À segunda alíquota de 40 mL, foram adicionados 2 mL de solução de ácido metafosfórico a 25%, para cada animal, horário e período, homogeneizada e armazenada a -20°C para posterior determinação dos principais AGVs. Após o descongelamento das amostras de líquido ruminal, 2 mL de cada alíquota foi colocada em um eppendorfe levados a centrífuga com 13.000 RPM (rotações por minutos) durante 15 minutos, removendo-se o sobrenadante e em seguida submetidos à análise, para determinação de ácido acético, butírico e propiônico. A concentração destes ácidos foi determinada por um Cromatógrafo Líquido de Alto Desempenho (HPLC), marca SHIMADZU, modelo SPD-10A VP acoplado ao detector Ultra Violeta (UV), com uma coluna C18 utilizando-se um comprimento de ondas: 210 nm. Ácido sulfúrico (em água a 0,1%) foi utilizado como fase móvel a um fluxo de injeção de coluna de 0,8 mL/min e volume de injeção de 20 ul.

A separação dos protozoários ciliados para contagem foi realizada no Laboratório de Microbiologia e Sanidade Animal do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal da Paraíba. Uma alíquota de 10 mL de líquido ruminal de cada animal foi adicionada a 40 mL de formol para análises posteriores. Utilizou-se a metodologia proposta por OGIMOTO e IMAI (1981), com adaptações, conforme a sequência: centrifugação do conteúdo ruminal de cada tratamento, durante 3 minutos a 1000rpm e em seguida desprezou-se o sobrenadante. Em 1 mL do precipitado adicionou-se 4 mL de solução de sacarose a 30% para lavagem do mesmo e realização de nova centrifugação por 3 minutos a 1000rpm. Depois se procedeu três lavagens consecutivas com 5 mL de solução salina (0,8%), centrifugando-se após cada lavagem por 3 minutos a uma rotação de 1000rpm. Do precipitado final obteve-se a fração de ciliados presentes nas amostras. Em câmara de contagem celular (Neubauer) foram depositados 9 microlitros (μL), e analisada em microscópio ótico, com objetiva 40x. O resultado final foi obtido quando distribuído na seguinte fórmula: $N = n \times 10^{-4} / 0,9 \times 2$, onde N= número de ciliados total em 1mL; n = número de ciliados. As leituras foram realizadas sob a luz da microscopia óptica, utilizando a objetiva de 40x.

2.6 Determinação da degradabilidade ruminal da matéria seca do grão de sorgo com tanino

A quantificação da degradabilidade da matéria seca (DMS) ocorreu por procedimento de incubação *in situ* com amostras do grão de sorgo processadas em moinho de facas (2 mm). Essas amostras foram acondicionadas em sacos de tecido não-tecido (TNT - 100 g/m²) com dimensões de 12x21 cm, respeitando-se a proporção de 20 mg de MS/cm² de superfície. Os tempos de permanência da amostra no rúmen para determinação do desaparecimento da matéria seca foram: 0, 6, 12, 24, 48, 72, 96, 120 e 144 horas. Os sacos foram dispostos no rúmen em ordem reversa quanto ao tempo de incubação, de modo que sua retirada do rúmen ocorreu simultaneamente. Após a retirada do rúmen, os sacos foram lavados com água corrente até total clareamento e imediatamente transferidos para estufa de ventilação forçada (60°C), onde foram mantidos por 72 horas. Sequencialmente, foram secos em estufa (105°C por 45 minutos), acondicionados em dessecador (20 sacos/dessecador) e pesados (DETMANN et al., 2001) para obtenção da MS não digerida. Os dados obtidos sobre o desaparecimento da MS nos diferentes tempos de incubação foram ajustados ao modelo descrito por ØRSKOV e MCDONALD (1979), expresso por:

$$DP = a + b * (1 - \exp(-ct)), \text{ em que:}$$

DP = degradabilidade potencial estimada (%); a = fração solúvel (%); b = fração potencialmente degradável (%); c = taxa de degradação da fração potencialmente degradável b (%/hora); t = tempo de incubação no rúmen (horas).

2.7 Análises químicas

As análises químicas dos alimentos foram realizadas no Laboratório de Avaliação de Alimentos e Nutrição Animal (LAANA) da Universidade Federal da Paraíba. As dietas, sobras e fezes foram avaliadas para os teores de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), matéria mineral (MM), proteína bruta (PB) e extrato etéreo (EE), de acordo com SILVA e QUEIROZ, (2002). As determinações de fibra em detergente ácido (FDA) e fibra em detergente neutro (FDN) foram realizadas pelo método do Filter Bag Technique, equipamento Ankom® (FBT). As amostras de FDN foram tratadas com 0,2 mL de α -amilase termoestável sem uso de sulfito de sódio na lavagem com o detergente, corrigidas para cinzas segundo MERTENS, (2002) e compostos nitrogenados residuais (LICITRA et al., 1996) para se obter ao final a

FDNcp. Para os teores de lignina, foram utilizados os métodos descritos por VAN SOEST, (1967), mediante o uso de ácido sulfúrico (H₂SO₄) a 72%.

Os consumos de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), matéria mineral (MM), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA), carboidratos totais (CHTO) e carboidratos não fibrosos (CNF) foram expressos em quilograma por dia (kg/dia), porcentagem de peso vivo (%PV), gramas por quilo de peso metabólico (g/kg PM). Os carboidratos totais (CHTO) foram calculados segundo SNIFFEN et al. (1992), onde CHOT = 100 – (%PB + %EE + %Cinzas) e os teores de carboidratos não-fibrosos segundo a equação de (HALL, 2000), onde CNF = 100 - [(%PB - %PB da uréia + % uréia) + FDNcp + %EE + % Cinzas]

O FDNi foi utilizado como marcador interno. Para sua determinação, 0,8g de amostra do volumoso, das fezes e das sobras e 1,0 g de amostra do concentrado foram acondicionados sem sacos de TNT, previamente secos e pesados, e incubadas por 240 horas no rúmen de um bovino. Após esse período, os sacos foram retirados, lavados em água corrente até seu total clareamento. Os sacos foram secos e fervidos por 1 hora em solução de detergente neutro (MERTENS, 2002), em equipamento Ankom®, tratadas com 0,2 mL de α -amilase termoestável, em seguida, lavados com água quente e acetona, secos e pesados e seu resíduo considerado FDNi. A produção de matéria seca fecal (PMSF) foi determinada pela seguinte fórmula:

$$\text{PMSF} = \text{consumo do indicador em (kg)} / \text{concentração do indicador nas fezes (\%)}$$

Os coeficientes de digestibilidade (CD) da MS, MO, PB, FDN, CHOT e CNF foram calculados utilizando-se a seguinte fórmula: $\text{CD} = [(\text{g de nutriente consumido} - \text{g de ingrediente nas fezes}) / (\text{g nutriente consumido})] \times 100$. O consumo de nutrientes digestíveis totais (NDT) foi estimado pela equação de (WEISS, 1999):

$$\text{NDT} = \text{PBD} + \text{EED} \times 2,25 + \text{CNFD} + \text{FDND}$$

Onde: PBD = (PB ingerida – PB fezes), EED = (EE ingerido – EE fezes * Fator de correção), CNFD = (CNF ingeridos – CNF fezes) e FDND = (FDN ingerido – FDN fezes). Os teores de NDT foram calculados por pela seguinte equação: g/kg de MS de $\text{NDT} = \text{NDT}/\text{CMS}$.

2.8 Análise Estatística

Para testar os efeitos dos níveis de substituição de sorgo com alto tanino, os dados de consumo e digestibilidade foram submetidos à análise de variância pelo Procedimento “General Linear Model” e a significância do modelo testada mediante o teste f. Quando o modelo foi significativo, os dados foram submetidos a análise de regressão e a função escolhida conforme o melhor ajuste pela relação dos valores estimados pelos observados (Coeficiente de determinação = R^2). O modelo (1) tido como base foi:

$$Y_{ijklm} = \alpha + P_i + A_j + TK(ij) + b_1 (\text{Níveis de sorgo}_{ij}) + e_{ijklm} \quad (1)$$

Em que: Y_{ijklm} é a m-ésima média das variáveis em análise, observado na m-ésima repetição no i-ésimo período de coleta, no j-ésimo animal; α , o intercepto; P_i , o efeito fixo do i-ésimo período ($i = 1,2,3,4$); A_j , o efeito fixo da j-ésima animal; Tk , o efeito fixo do k-ésimo nível de sorgo (k); b_1 os coeficientes de regressão linear ou quadrático; e e_{ijklm} , o resíduo, incluindo o erro aleatório.

Para os dados com medidas repetidas no tempo (pH, N-NH₃, % de acetato, propionato, butirato e a relação acetato:propionato), utilizou-se o procedimento “Mixed Linear Model” e testou-se os efeitos fixos dos fatores: níveis de substituição do sorgo e horários de coleta conforme o modelo (2). A significância do modelo foi testada mediante o teste Tukey a 0,05 de probabilidade.

$$Y_{ijklm} = \alpha + A_j + P_i + TK(ij) + H_l (ij) + I_{kl} b_1 (\text{Níveis de sorgo}_{ij}) + b_2 (\text{horários de coleta}_{ij}) + e_{ijklm} \quad (2)$$

Em que: Y_{ijklm} é a m-ésima média das variáveis em análise, observado na m-ésima repetição no i-ésimo período de coleta, no j-ésimo animal; α , o intercepto; P_i , o efeito fixo do i-ésimo período ($i = 1,2,3,4$); A_j , o efeito fixo da j-ésima animal; Tk , o efeito fixo do k-ésimo nível de sorgo ($k = 0,33,67,100$); H_l é o efeito fixo da l-ésimo horário de coleta ($l = 0,2,4$ e 6); b_1 e b_2 são os coeficientes de regressão linear ou quadrático para os efeitos de níveis de sorgo e horários de coleta; e e_{ijklm} , o resíduo, incluindo o erro aleatório. Todas as análises foram feitas utilizando o pacote estatístico do SAS, 2009 (Institute Inc., Cary, NC).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Consumo

A substituição do milho pelo sorgo com tanino não influenciou o consumo de matéria seca nas três formas em que foi expresso nem os demais consumos ($P>0,05$) (Tabela 3).

Tabela 3. Consumo médio, erro padrão da média (EPM), coeficiente de variação (CV) e significância para modelo linear e quadrático dos níveis de substituição do milho pelo sorgo

CONSUMO ¹	Níveis de Substituição (%)				EPM	CV (%)	Valor <i>p</i>	
	0	33	67	100			L	Q
Matéria seca ¹	9,77	9,77	10,35	11,21	0,33	12,54	0,427	0,916
Matéria seca % PV	1,80	1,76	1,44	1,80	0,19	14,66	0,981	0,565
Matéria seca g/Kg ^{0,75}	111,3	114,18	116,14	117,81	0,15	15,45	0,969	0,583
Matéria orgânica ¹	9,11	9,13	9,67	10,47	0,31	12,85	0,439	0,940
Matéria mineral ¹	0,56	0,57	0,61	0,67	0,02	13,78	0,276	0,873
Fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína ¹	5,32	5,29	5,68	6,15	0,24	17,15	0,523	0,927
Carboidratos totais ¹	8,15	8,14	8,62	9,31	0,28	13,10	0,472	0,928
Carboidratos não fibrosos ¹	2,83	2,85	2,94	3,17	0,03	5,40	0,239	0,935
Proteína bruta ¹	0,85	0,86	0,90	0,99	0,02	8,60	0,216	0,877
Extrato étéreo ¹	0,20	0,20	0,21	0,23	0,00	7,47	0,066	0,445
Fibra em detergente ácido ¹	2,93	3,0	3,37	3,77	0,15	18,90	0,215	0,892
Nutrientes digestíveis totais ¹	5,86	5,73	5,92	6,30	0,13	8,87	0,815	0,840

¹kg/dia; EMP = Erro padrão da média; L = Linear; Q = Quadrático

Os consumos de FDN, FDA, PB, MO, MM, EE, CHOT, CNF e NDT não foram influenciados quando o milho foi substituído pelo sorgo ($P>0,05$). Sorgo e milho são considerados substitutos energéticos nas dietas para ruminantes, porém valores de tabela evidenciam uma pequena vantagem para o milho (VALDARES FILHO et al., 2002; ROSTANGNO et al., 2005). BROUK e BEAN (2014) afirmam que pequenas diferenças entre eles, podem não ser detectadas em ensaios com animais. O equilíbrio entre a

composição das dietas, granulometria igual para o grão de milho e sorgo e uma possível ausência do efeito adstringente do tanino condensado, podem justificar a indiferença para estas variáveis.

3.2 Digestibilidade

Os coeficientes de digestibilidade da MS, MO, CHOT, CNF e o NDT não foram afetados ($P>0,05$) pelos tratamentos experimentais (Tabela 4). Porém, verificou-se efeito linear decrescente ($P<0,05$), no coeficiente de digestibilidade da PB e FDNcp a medida que aumentou a proporção do sorgo nas dietas (Tabela 4).

Tabela 4. Médias, erro padrão da média (EPM), coeficiente de variação (CV), equação de regressão (ER) e significância para modelo linear e quadrática da digestibilidade aparente de acordo com os tratamentos experimentais

DIGESTIBILIDADE (%)	Níveis de Substituição (%)				EPM ¹	CV (%)	ER	Valor <i>p</i>	
	0	33	67	100				L	Q
Matéria seca	60,6	58,4	57,0	55,9	0,84	5,59	--	0,123	0,747
Matéria orgânica	61,7	60,1	58,4	57,1	0,77	5,06	--	0,104	0,915
Proteína bruta	67,5	62,0	60,0	56,8	0,96	6,01	1	0,014	0,658
Fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína	45,3	42,5	39,5	39,7	0,32	2,95	2	0,001	0,138
Carboidratos totais	61,2	59,9	58,3	56,9	0,80	5,24	--	0,131	0,990
Carboidratos não fibrosos	89,6	91,7	94,5	90,3	0,61	2,58	--	0,244	0,097
Nutrientes digestíveis totais	60,6	58,7	57,0	56,0	0,84	5,58	--	0,142	0,757

EMP = Erro padrão da média; L = Linear; Q = Quadrático

ER = Equação de Regressão:

$$1= \hat{Y} = -3,405x + 70,13 (R^2 = 0,962) ;$$

$$2= \hat{Y} = -1,969x + 46,71(R^2 = 0,873).$$

A digestibilidade da proteína decresceu linearmente à medida que aumentou o percentual de substituição do milho pelo sorgo com alto tanino. O menor valor de digestibilidade da proteína pode estar vinculado à ação do tanino condensado, já que para BUTLER et al., (1984), esta molécula possui alto peso molecular e capacidade de

ligar-se, precipitando acima de 12 vezes o seu peso, de proteínas, formando um complexo tanino-proteína tornando-a parcialmente indisponível às reações enzimáticas, entretanto, o baixo percentual do tanino das dietas oriundo do grão de sorgo, podem não ter exercido efeito sobre esta variável.

O tipo de proteína (Kafirina) e sua distribuição no endosperma dos grãos de sorgo, são fatores que podem influenciar sua digestibilidade (DUODU et al., 2003), pois a estrutura da matriz protéica apresenta endosperma periférico mais duro, denso e resistente a absorção de água, ação física e enzimática (RONNEY e PFLUGFELDER, 1986), dificultando a ação colonizadora dos microrganismos e a digestão dos componentes nutricionais do grão. A kafirina é a principal proteína presente no grão de sorgo e compõe cerca de 70% da proteína total deste cereal, já a zeína, proteína do milho, está próxima a 60% (WALL e PAULIS, 1978). A kafirina é considerada mais hidrofóbica (menos solúvel) que a zeína, característica que reduz o acesso das enzimas ao substrato e porventura reduz a digestibilidade do sorgo (DOUDU et al., 2003).

Os coeficientes de digestibilidade obtidos neste estudo, apresentaram-se menores que os encontrados por MAXSON et al. (1973), quando comparou milho e sorgo com baixo e alto tanino nas dietas para novilhos Hereford, utilizando dietas com 78% de concentrado. Os dois trabalhos evidenciaram uma redução na digestibilidade da proteína do sorgo em relação ao milho.

Os dados de digestibilidade da FDNcp também decresceram linearmente a medida que a proporção de sorgo com tanino foi aumentada nas dietas. Para DETMANN et al. (2003), pode-se haver um confundimento ao se interpretar os efeitos sobre a digestibilidade da FDN, o qual pode estar atribuído ao tipo de forragem e a relação volumoso:concentrado. BERCHIELLE et al. (2011), afirma que dietas com menos que 40% de forragem, aceleram a taxa de fermentação de carboidratos induzindo um menor pH, conseqüentemente menor crescimento dos microrganismos degradadores de fibra, o que pode não ter ocorrido neste estudo, já que a relação volumoso:concentrado foi de 60:40. RUSSELL et al. (1992) afirmam que o crescimento destas bactérias pode ser influenciado pela disponibilidade e tipo de carboidrato. CABRAL FILHO, (2004) observou como efeito ($P < 0,05$), redução na digestibilidade da fibra em detergente neutro quando dietas com grãos de sorgo moído contendo 1,9% TC kg/MS foram fornecidos a ovinos em comparação aos grãos de sorgo sem tanino.

Este fato pode ser explicado pela necessidade de um maior tempo de exposição do grão de sorgo no rúmen (próximo a 48 horas) que outros cereais, pois fermentam mais lentamente (BROUK e BEAN, 2014).

3.3 Degradabilidade ruminal da matéria seca do grão de sorgo com alto tanino

A degradabilidade da matéria seca do grão de sorgo com alto tanino nos tratamentos com 0, 33, 67 e 100% de substituição do milho pelo grão de sorgo na dieta está representada na (Figura 1).

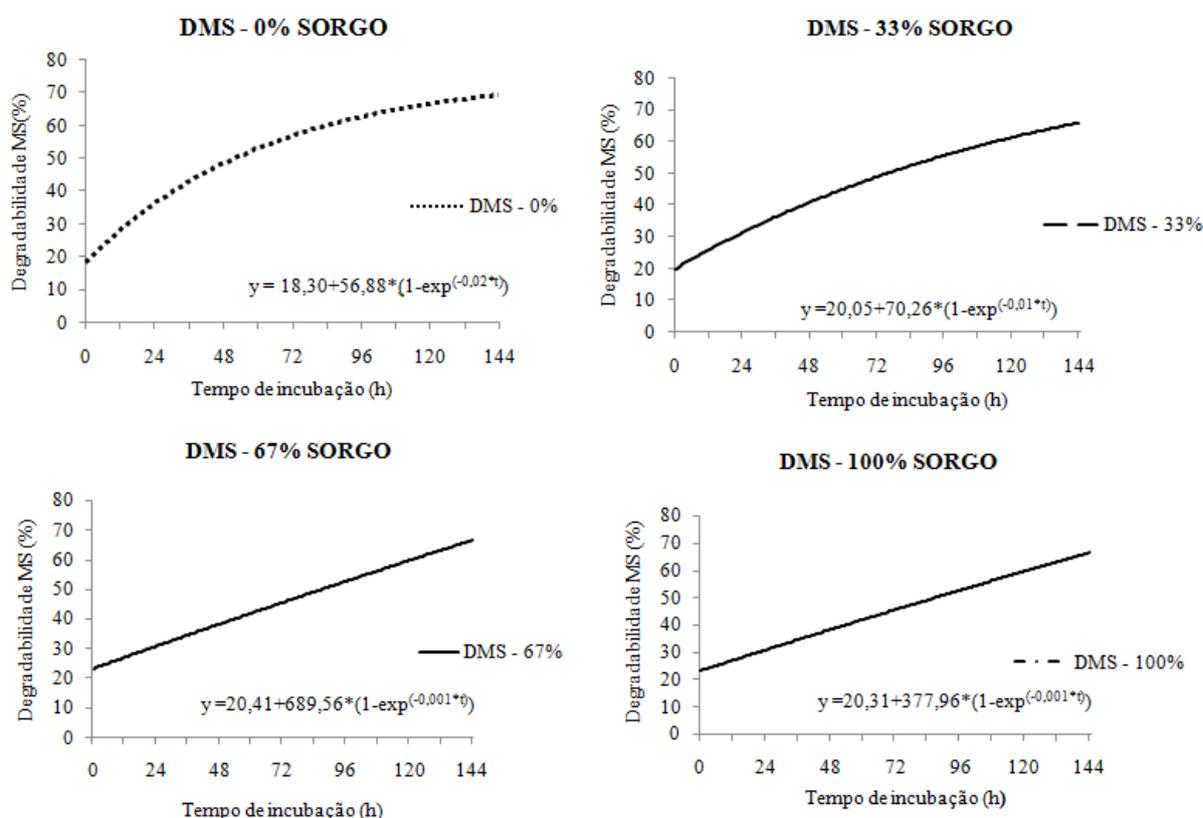


Figura 1 – Degradabilidade do grão de sorgo em ambientes ruminais com níveis de substituição do milho pelo sorgo em 0, 33, 67 e 100%.

A degradabilidade da MS nos níveis 0, 33, 67 e 100% de substituição foi de (46,88; 56,35; 45,46 e 52,71%) nas primeiras 48 horas de incubação, respectivamente. No tratamento com 0% de sorgo, a degradação da MS mostrou-se mais acentuada após as 48 horas, que pode ter sido influenciada pela menor adaptabilidade da microbiota ruminal ao sorgo já que havia somente milho como fonte energética no concentrado. O tratamento com 33% de sorgo apresentou um valor de degradabilidade mais expressivo até as 48 horas de incubação, que pode ser justificado pela adaptação dos

microrganismos ao substrato. No nível 67%, a degradabilidade mostrou-se reduzida até as 48 horas, observando-se um aumento acentuado após este horário, em relação aos demais tratamentos. Sugere-se que a baixa degradabilidade da MS do grão de sorgo nas primeiras horas de incubação pode estar relacionada às barreiras ligadas a estrutura física do grão ou a presença de compostos fenólicos, apresentando maior resistência, conseqüentemente menor degradação ruminal. O nível 100% substituição apresentou maior degradabilidade até as 48 horas de incubação, supõe-se que nas primeiras horas de incubação a presença de compostos fenólicos no sorgo não tenha influenciado a utilização dos CNF do grão de sorgo pelos microrganismos.

3.4 Parâmetros ruminais (pH, N-NH₃ e AGVs) e contagem de protozoários ciliados

Os valores do pH do rúmen variaram entre 6,1 e 6,7 durante os horários de coleta. Não foi observada diferença significativa entre os tratamentos ($P=0,57$) nem interação tratamento x hora ($P=0,24$), porém, quando avaliado isoladamente, o horário de coleta apresentou efeito quadrático ($P<0,05$) atingindo os menores valores quatro horas após o fornecimento da ração. Os valores de nitrogênio amoniacal (N-NH₃) variaram entre 3,18 e 20,97 mg/dL durante os horários de coleta, não ocorrendo efeito significativo entre os tratamentos ($P=0,35$), ou para interação tratamento x hora ($P=0,66$), no entanto, apresentou efeito quadrático em relação horário de coleta ($P<0,05$), ocorrendo um pico de produção de N-NH₃ duas horas após o fornecimento das dietas e diminuição nos horários subseqüentes como pode ser observado na (Figura 2).

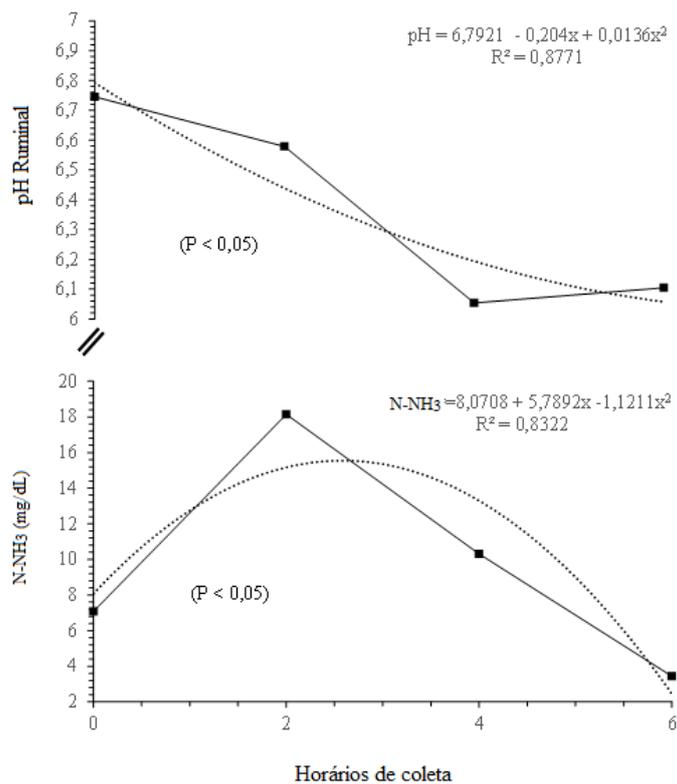


Figura 2 – Variação do pH e N-NH₃ruminal de bovinos em função dos horários de coleta antes e após o fornecimento das dietas.

As concentrações de ácidos graxos voláteis (acético, propiônico e butírico) e a relação acetato/propionato não diferiram entre os tratamentos ($P > 0,05$). Também não foram verificadas interações entre tratamento x horário ($P > 0,05$) para estas variáveis. No entanto, ácido acético e propiônico apresentaram efeito linear crescente ($P < 0,05$) para os horários de coleta ao se substituir milho por sorgo (Figura 3).

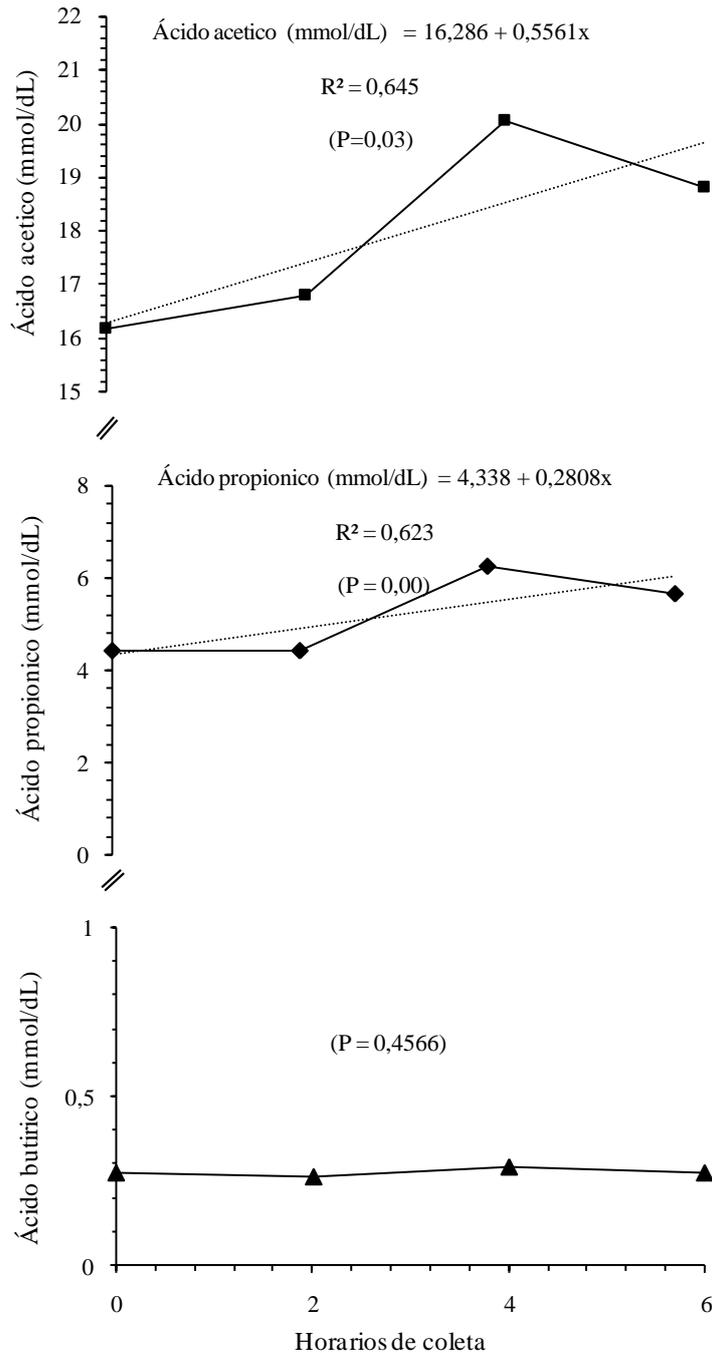


Figura 3 – Variação dos ácidos graxos voláteis (acético, propiônico e butírico) no rúmen de bovinos em função dos horários de coleta antes e após o fornecimento das dietas.

A associação entre grãos de milho e sorgo pode ter favorecido a manutenção do pH ruminal, possivelmente devido às diferentes taxas de degradação dos grãos (BROUK e BEAN, 2014). No entanto, os valores médios de pH observados para as dietas com 100% sorgo ou 100% milho foram semelhantes, não sendo significativo o efeito de tratamentos sobre o pH ruminal e a interação tratamento x hora. Como observado na (Figura 1), o pH atingiu os menores valores 4 horas após o fornecimento

do alimento, fato decorrente do maior volume de ácidos acético e propiônico produzidos neste mesmo horário (Figura 2). ITAVO et al., (2002), constatou este efeito em seu estudo com novilhos, em que o pH reduziu lentamente com o aumento no horário de coleta. O tempo após a ingestão e o tipo de alimento são fatores que determinam as taxas de produção de AGVs (BERGMAN, 1990) e para dietas com relação volumoso:concentrado mais alta, o pico de produção de AGV pode ocorrer entre 4 e 5 horas após o fornecimento do alimento (KOZLOSKI, 2002), confirmando os resultados obtidos nesta pesquisa. Esta concentração de AGVs no rúmen pode refletir o equilíbrio entre sua taxa de fornecimento e de remoção do fluido ruminal, após a alimentação produz-se mais ácidos que se perde, ocorrendo o inverso posteriormente, reduzindo suas concentrações (FORBES et al., 2005).

A relação acetato:propionato compara dietas e prediz o valor nutricional entre elas (SUTTON et al., 2003), sendo assim, pode-se afirmar que a substituição do grão de milho pelo sorgo manteve-se equilibrada entre os tratamentos.

A amônia no rúmen pode ter várias origens e o seu pico de produção após a alimentação é dependente da fonte nitrogenada. Em dietas com uréia, isso pode acontecer até 2 horas após a alimentação (BERCHIELLE et al., 2011) como observado na (Figura 1). Para que a fermentação no rúmen seja potencializada sem que ocorra diminuição na atividade de bactérias celulolíticas e redução da síntese microbiana, SATTER e ROFFLER, (1975) sugeriram o limite mínimo de 5 mg N/100mL de fluido ruminal, já SYLTER et al., (1979) sustentaram a hipótese de que 2 a 5 mg N/100 mL permitiria o crescimento dos microrganismos, MEHREZ e ØRSKOV, (1976) recomendaram como limite máximo 23 mg/dL de N-NH₃ de fluido ruminal. VAN SOEST, (1994) concluiu que 10 mg N/100 mL seria um ótimo nível. Além destes valores limitantes, nenhum autor definiu valores ótimos de N amoniacal, visto que cada dieta possui um perfil de nutrientes diferente. Os dados obtidos para esta variável (7,0; 18,0; 10,2 e 3,4 mg/dL) para os respectivos horários de coleta antes, 2, 4 e 6 horas após o fornecimento da ração, estão de acordo com o que foi descrito por estes autores.

O efeito do tanino condensado sob estas variáveis foi pouco ou inexpressivo, visto que, quando concentrações <50g de TC/kg/MS são administradas, os parâmetros de fermentação ruminal (pH, N-NH₃, AGVs) não são afetados (MAKKAR et al., 1995; WAGHORN e SHELTON, 1997).

Para o número de protozoários totais no rúmen, observou-se um comportamento linear decrescente ($p < 0,05$) em função dos níveis de inclusão de sorgo com alto tanino (Figura 4).

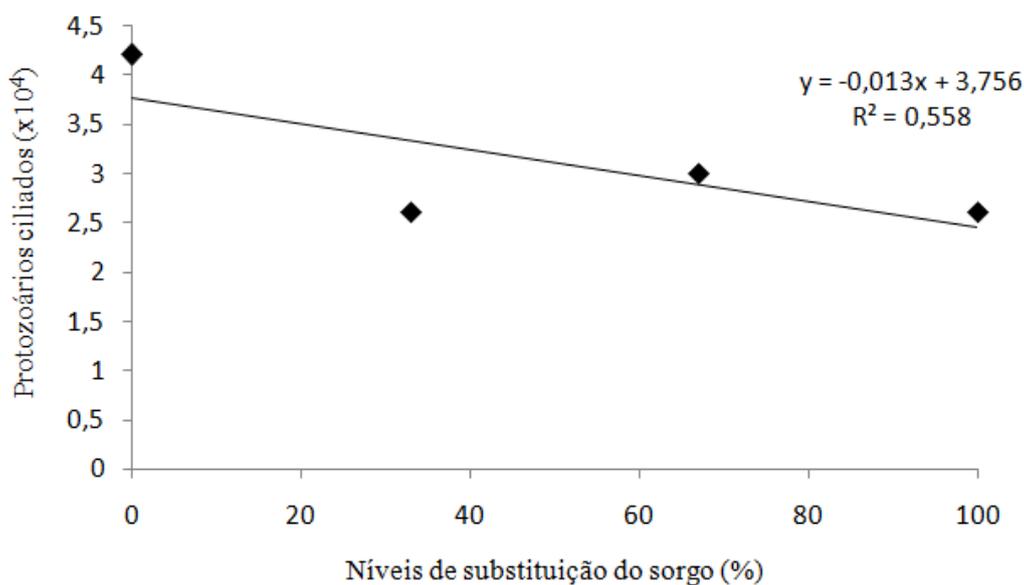


Figura 4 – Número de protozoários totais no rúmen em função dos níveis de substituição do milho pelo sorgo.

A concentração média total de protozoários ciliados foi de $4,2 \times 10^4$, $2,6 \times 10^4$, $3,0 \times 10^4$ e $2,6 \times 10^4$ protozoários/mL de fluido ruminal para os animais que receberam a dieta com 0, 33, 67, 100% respectivamente, estando dentro de valores citados de 10^4 a 10^6 protozoários/mL de conteúdo ruminal, de animais alimentados com diferentes tipos de dieta (ARCURI, 2012). Este decréscimo pode ser explicado pelo aumento do efeito do tanino em formar complexos com o substrato, interferindo na fixação dos microrganismos à parede celular das plantas, ocasionando privação de substrato, inibição de enzimas e ação direta sobre os microrganismos ruminais (HENRIQUES, 2014). Esta redução pode ser um ponto positivo, já que para (COLEMAN, 1980), protozoários são predadores de bactérias benéficas ao rúmen.

4. CONCLUSÃO

O grão de sorgo com alto tanino triturado pode substituir o grão de milho triturado em dietas para bovinos adultos.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARCURI, B. P.; LOPES, F. C. F.; CARNEIRO, J. C. Microbiologia do Rúmen. IN: BERCHIELLI, T. T.; PIRES, A. V.; OLIVEIRA, S. G. **Nutrição de Ruminantes**. Jaboticabal: Funep, 115-147p. 2012.
- BEAUCHEMIN, K. A.; MCGINN, S. M.; MARTINEZ, T. F. et al. Use of condensed tannin extract from quebracho trees to reduce methane emissions from cattle. **Journal of Animal Science**, v. 85, n. 8, p. 1990-1996, 2007.
- BERCHIELLI, T. T.; PIRES, A. V.; OLIVEIRA, S. G. **Nutrição de Ruminantes**. Funep, 2011. 586p.
- BERGMAN, E. N. Energy contributions of volatile fatty acid from gastrointestinal tract in various species. **Physiological Reviews**, 70:567, 1990.
- BROUK, M. J.; BEAN, B. Sorghum Check off. Sorghum in Dairy Production Feeding Guide. Disponível em: <<http://sorghumcheckoff.com/wpcontent/uploads/2012/06/dairyhandbookweb.pdf>>. Acesso em: 20 nov. 2014, 23:54:12.
- BUTLER, L. G.; DAVID J. R.; LEBRYK, D.G. and et al. Interaction of proteins with sorghum tannin: mechanism, specificity and significance. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, v. 61, n. 5, p. 916-920, 1984.
- CABRAL FILHO, S. L. S. **Efeito do teor de tanino do sorgo sobre a fermentação ruminal e parâmetros nutricionais de ovinos**. 2004. 88 p. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.
- CHURCH, D. C. **The ruminant animal. Digestive physiology and nutrition**. New Jersey: Prentice Hall, 1988. 564p.
- COLEMAN, G. S. Rumen ciliate protozoa. **Adv. Parasitol**, v. 18, p. 121-173, 1980.
- DETMANN, E.; QUEIROZ, A. C.; CECON, P. R. et al. Consumo de fibra em detergente neutro por bovinos em confinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 32, n. 6, p. 1763-1777, 2003.
- DIJKSTRA, J. Production and absorption of volatile fatty acids in the rumen. **Livestock Production Science**, v. 39, n. 1, p. 61-69, 1994.
- DUODU, K. G.; TAYLOR, J. R. N.; BELTON, P. S. et al. Factors affecting sorghum protein digestibility. **Journal of Cereal Science**, v. 38, n. 2, p. 117-131, 2003.
- FENNER, H. Method for determining total volatile bases in rumen fluid by steam distillation. **Journal of Dairy Science**, v. 48, n. 2, p. 249-251, 1965.

- FORBES, J. M.; FRANCE, J. et al. **Quantitative aspects of ruminant digestion and metabolism**. Cab International, 1993. 727p.
- FOX, D. G.; KLOSTERMAN, E. W.; NEWLAND, H. W. et al. Net energy of corn and bird resistant grain sorghum rations for steers when fed as grain or silage. **Journal of Animal Science**, v. 30, n. 2, p. 303-308, 1970.
- HAGERMAN, A. E.; BUTLER, L. G. Protein precipitation method for the quantitative determination of tannins. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 26, n. 4, p. 809-812, 1978.
- HALL, M. B. Calculation of non-structural carbohydrate content of feeds that contain non-protein nitrogen. **Gainesville: University of Florida**, 2000. p. A-25 (Bulletin, 339).
- HENRIQUES, J. M. G. C. L. **Taxa de sucesso de tratamento em intoxicação por taninos em ruminantes**. Lisboa: Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias - Faculdade de Medicina Veterinária, 2014. 66p. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária).
- HUCK, G. L.; KREIKEMEIER, K. K.; KUHL, G. L. et al. Effects of feeding combinations of steam-flaked grain sorghum and steam-flaked, high-moisture, or dry-rolled corn on growth performance and carcass characteristics in feedlot cattle. **Journal of Animal Science**, v. 76, n. 12, p. 2984-2990, 1998.
- INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. Rede de estações. Estações automáticas. INMET, 2014. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=estações/estacoesautomaticas>>. Acesso em: 23 dez. 2014, 00:34:55.
- ÍTAVO, L. C. V.; VALADARES FILHO, S. C.; SILVA, F. F. et al. Produção microbiana e parâmetros ruminais de novilhos alimentados com dietas contendo vários níveis de concentrado. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.31, n.3, p.1553-1561. 2002.
- JANSMAN, A. J. M. Tannins in feedstuffs for simple-stomached animals. **Nutrition Research Reviews**, v. 6, n. 01, p. 209-236, 1993.
- KOZLOSKI, G. V. **Bioquímica dos Ruminantes**. Ed. UFSM, 2002. 214p.
- LARRAIN, R. E.; SCHAEFER, D. M.; ARP, S. C. et al. Finishing steers with diets based on corn, high-tannin sorghum, or a mix of both: Feedlot performance, carcass characteristics, and beef sensory attributes. **Journal of Animal Science**, v. 87, n. 6, p. 2089-2095, 2009.

- LICITRA, G.; HERNANDEZ, T. M.; VAN SOEST, P. J. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. **Animal Feed Science and Technology**, v. 57, n. 4, p. 347-358, 1996.
- LOWRY, J. B.; McSWEENEY, C. S.; PALMER, B. Changing perceptions of the effect of plant phenolics on nutrient supply in the ruminant. **Crop and Pasture Science**, v. 47, n. 6, p. 829-842, 1996.
- MAKKAR, H. P. Effects and fate of tannins in ruminant animals, adaptation to tannins, and strategies to overcome detrimental effects of feeding tannin-rich feeds. **Small Ruminant Research**, v. 49, n. 3, p. 241–256, set. 2003.
- MAKKAR, H.P. S.;BECKER, K.; ABEL, H. J.et al. Degradation of condensed tannins by rumen microbes exposed to quebracho tannins (QT) in rumen simulation technique (RUSITEC) and effects of QT on fermentative processes in the RUSITEC. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 69, n. 4, p. 495-500, 1995.
- MANGAN, J. L. Nutritional effects of tannins in animal feeds. **Nutrition Research Reviews**, v. 1, n. 1, p. 209–31, 1988.
- MAXSON, W. E.; SHIRLEY, R. L.; BERTRAND,J. E. et al. Energy values of corn, bird-resistant and non-bird-resistant sorghum grain in rations fed to steers. **Journal of Animal Science**, v. 37, n. 6, p. 1451-1457, 1973.
- McMAHON, L. R.; McALLISTER, T. A.; BERG, B. P. et al. A review of the effects of forage condensed tannins on ruminal fermentation and bloat in grazing cattle. **Canadian Journal of Plant Science**, v. 80, n. 3, p. 469-485, 2000.
- McSWEENEY, C. S.; PALMER, B.; McNEILL, M. D. et al. Microbial interactions with tannins: nutritional consequences for ruminants. **Animal Feed Science and Technology**, v. 91, n. 1, p. 83-93, 2001.
- MEHREZ, A. Z.; ØRSKOV, E. R. Rates of rumen fermentation in relation to ammonia concentration. **The Proceedings of the Nutrition Society**, v.35 n.40, p.36-39, 1976.
- MELLO JR., C. A. Processamento de grãos de milho e sorgo visando aumento do valor nutritivo. **Simpósio Sobre Nutrição de Bovinos**, v. 4, p. 263-283, 1991.
- MERTENS, D. R. Gravimetric determination of amylase-treated neutral detergent fiber in feeds with refluxing in beaker or crucibles: collaborative study. **Journal of AOAC International**, v.85, p.1217-1240, 2002.
- MUELLER-HARVEY, I. Unravelling the conundrum of tannins in animal nutrition and health. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 86, n. 13, p. 2010-2037, 2006.

- MYER, R. O.; GORBET, D. W.; COMBS, G. E. Nutritive value of high-and low-tannin grain sorghums harvested and stored in the high-moisture state for growing-finishing swine. **Journal of Animal Science**, v. 62, n. 5, p. 1290-1297, 1986.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrients requeriments of beef cattle**. 7.ed. Washington, D.C.: 1996. 244p.
- OGIMOTO, K.; IMAI, S. Atlas of rumen microbiology. **Japan Scientific Societes Press**, Tokio, 1981 p. 231.
- PORTER, L. J.; HRSTICH, L. N.; CHAN, B. G. The conversion of procyanidins and prodelphinidins to cyanidin and delphinidin. **Phytochemistry**, v. 25, n. 1, p. 223-230, 1985.
- REED, J. D. Nutritional toxicology of tannins and related polyphenols in forage legumes. **Journal of Animal Science**. v.73, n.5, p.1516-1528, 1995.
- RONEY, W. L.; PFLUGFELDER, R. L. Factors affecting starch digestibility with special emphasis on sorghum and corn. **Journal of Animal Science**., v. 63, n. 1. p. 1607-23, 1986.
- ROSTAGNO, H. S.; ALBINO. L. F. T.; DONZELE. J. L. et al. Composição de alimentos e exigências nutricionais. **Tabelas Brasileiras para Aves E Suínos**, v. 2, 2005. 186p.
- RUSSELL, J. B.; O'CONNOR, J. D.; FOX, D. G. et al. 1992. A Net Carbohydrate and Protein System for evaluating cattle diets. I. Ruminant fermentation. **Journal of Animal Science**., 70(11):3551-3561.
- SATTER, L. D.; ROFFLER, R. E. Nitrogen requirement and utilization in dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, v. 58, n. 8, p. 1219-1237, 1975.
- SLYTER, L. L.; SATTER, L. D.; DINIUS, D. A. Effect of ruminal ammonia concentration on nitrogen utilization by steers. **Journalof Animal Science**, v. 48, n. 4, p. 906-912, 1979.
- SILVA, D. J. e QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**.3. ed. UFV: Imprensa Universitária. 2002. 235p.
- SNIFFEN, C.J.; O'CONNOR, J.D.; VAN SOEST, P.J. et al. A net carbohydrate and protein availability. **Journal of Dairy Science**, v.70, n.11, p. 3562-3577, 1992.
- SNIFFEN, C.J.; BEVERLY, R.W.; MOONEY, C.S. et al. Nutrient requirements versus supply in the dairy cow: strategies to account for variability. **Journal of Dairy Science**, v.76, n.10, p.3160-3178, 1993.

- SUTTON, J. D.; DHANOA, M. S.; MORANTET, S. V. et al. Rates of production of acetate, propionate, and butyrate in the rumen of lactating dairy cows given normal and low-roughage diets. **Journal of Dairy Science**, v. 86, n. 11, p. 3620–33, nov. 2003.
- TIITTO-JULKUNEM, R. Phenolic constituents in the leaves of Northern Willows: methods for the analysis of certain phenolics. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.33, n.2, p.213-217, 1985.
- VALADARES FILHO, S.C.; ROCHA JR., V.R.; CAPPELLE, E.R. **Tabelas Brasileiras de Composição de Alimentos para Bovinos**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 297p.2002.
- VAN SOEST, P. J.; WINE, R. H. Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. IV. Determination of plant cell-wall constituents. **Journal Association of Analytical Chemistry**, v. 50, n. 1, p. 50-55, 1967.
- VAN SOEST, P. J. **Nutritional Ecology of the Ruminant**. 2.ed. New York: Cornell University Press. 476p. 1994.
- WAGHORN, G. C.; SHELTON, I. D. Effect of condensed tannins in *Lotus corniculatus* on the nutritive value of pasture for sheep. **Journal of Agricultural Science**, 128, 365–372. 1997.
- WAGHORN, G. Beneficial and detrimental effects of dietary condensed tannins for sustainable sheep and goat production—Progress and challenges. **Animal Feed Science and Technology**, v. 147, n. 1-3, p. 116–139, nov. 2008.
- WALL, J.S.; PAULIS, J.W. Corn and sorghum grain proteins. In: Pomeranz, Y., (Ed.), *Advances in Cereal Science and Technology, Volume II*, **American Association of Cereal Chemists**, St Paul, MN, p. 135–219.1978.
- WANG, Y. DOUGLAS, G. B. WAGHORN, G. C. et al. Effect of condensed tannins in *Lotus corniculatus* upon lactation performance in ewes. **Journal of Agricultural Science** 126, 353–362.1996.
- WEISS, W. **Energy Prediction Equations for Ruminant**. In: Cornell Nutrition Conference for Feed Manufacturers, 1999. Proceeding, Ithaca: Cornell University. p.176-185.1999.