



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
NÚCLEO DE ESTUDOS EM CIÊNCIA ANIMAL
EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – AMAZÔNIA
ORIENTAL
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA
CURSO DE MESTRADO EM CIÊNCIA ANIMAL**

Jaime Édson Simon

**CONSUMO E DIGESTIBILIDADE DE SILAGEM DE SORGO
(*SORGHUM BICOLOR* [L.] MOENCH) COMO ALTERNATIVA PARA
ALIMENTAÇÃO SUPLEMENTAR DE RUMINANTES NA AMAZÔNIA
ORIENTAL**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Ciência Animal da Universidade Federal do Pará, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Amazônia Oriental e Universidade Federal Rural da Amazônia, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciência Animal.

Orientador: Prof. Dr. José de Brito Lourenço Júnior

Co-Orientador: Prof. Dr. Ari Pinheiro Camarão

Belém-Pará

2006



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
NÚCLEO DE ESTUDOS EM CIÊNCIA ANIMAL
EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – AMAZÔNIA ORIENTAL
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA
CURSO DE MESTRADO EM CIÊNCIA ANIMAL**

Jaime Édson Simon

**CONSUMO E DIGESTIBILIDADE DE SILAGEM DE SORGO
(*SORGHUM BICOLOR* [L.] MOENCH) COMO ALTERNATIVA PARA
ALIMENTAÇÃO SUPLEMENTAR DE RUMINANTES NA AMAZÔNIA
ORIENTAL**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Ciência Animal da Universidade Federal do Pará, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Amazônia Oriental e Universidade Federal Rural da Amazônia, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciência Animal.

Orientador: Prof. Dr. José de Brito Lourenço Júnior

Co-Orientador: Prof. Dr. Ari Pinheiro Camarão

Belém - Pará

2006

**Dados Internacionais de Catalogação-na -Publicação (CIP) –
Biblioteca Central/ UFPA, Belém-PA**

Simon, Jaime Édson

Consumo e digestibilidade de silagem de sorgo (*Sorghum bicolor* [L.] moench) como alternativa para alimentação suplementar de ruminantes na Amazônia Oriental / Jaime Édson Simon, orientador Prof. Dr. José de Brito Lourenço Júnior, co-orientador Prof. Dr. Ari Pinheiro Camarão.– 2006

Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Ciência Animal, Centro de Ciências Agrárias, Núcleo de Estudos em Ciência Animal, Universidade Federal do Pará, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Amazônia Oriental, Universidade Federal Rural Da Amazônia, Belém, 2006.

1. Sorgo. 2. Silagem. 3. Ruminantes. I. Título

CDD - 21. ed. 633.62



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
NÚCLEO DE ESTUDOS EM CIÊNCIA ANIMAL
EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – AMAZÔNIA
ORIENTAL
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA
CURSO DE MESTRADO EM CIÊNCIA ANIMAL**

Jaime Édson Simon

**CONSUMO E DIGESTIBILIDADE DE SILAGEM DE SORGO
(*SORGHUM BICOLOR* [L.] MOENCH) COMO ALTERNATIVA PARA
ALIMENTAÇÃO SUPLEMENTAR DE RUMINANTES NA AMAZÔNIA
ORIENTAL**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Ciência Animal da Universidade Federal do Pará, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Amazônia Oriental e Universidade Federal Rural da Amazônia, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciência Animal.

Data: ____/____/____

Banca Examinadora

José de Brito Lourenço Júnior
Doutor em Ciências Biológicas

Geane Dias Gonçalves Ferreira
Doutora em Produção Animal

Saturnino Dutra
Doutor em Ciências Biológicas

A memória do meu querido pai, Cláudio, a minha amada mãe, Juliana, ao meu irmão Jair, pelo apoio por todos esses anos, auxiliando-me nos estudos e pelos seus conselhos. Aos meus irmãos, Claudionei, Márcia e Salete, pelo apoio e incentivo.

AGRADECIMENTOS

Á Deus, pela constante presença e apoio em todos os momentos de minha vida;

À Universidade Federal do Pará - UFPA, Embrapa Amazônia Oriental, Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA, pela possibilidade de agregar importantes conhecimentos;

Ao Prof. Dr. José de Brito Lourenço Júnior, Pesquisador III da Embrapa Amazônia Oriental e Professor da Pós-graduação em Ciência Animal, pela orientação, sempre dinâmica, constante e amigável durante toda a vida acadêmica;

Ao Chefe da Divisão de Parque da Secretaria Municipal de Meio Ambiente da Prefeitura Municipal de Belém, Paulo Porto, Especialista em Preservação e Conservação dos Recursos Naturais, pelo apoio na continuidade dos meus estudos;

A estagiária do Curso de Zootecnia da UFRA, Osvanira dos Santos Alves, pelo apoio nos trabalhos de rotina, durante a coleta de dados;

Ao Prof. Dr. Almir Vieira Silva, Professor da UFRA, pelo apoio logístico durante a elaboração da matéria-prima utilizada na dissertação;

Aos MSc. José Adérito Rodrigues Filho, Pesquisador II da Embrapa Amazônia Oriental, pelo auxílio no planejamento da dieta e coleta de dados;

Aos Profs. Drs. Saturnino Dutra e Cláudio Vieira de Araújo, pelo auxílio na análise estatística dos dados experimentais;

Ao Prof. MSc. Ermino Braga, Professor da UFRA, e ao DSc. Edílson Carvalho Brasil, Pesquisador III da Embrapa Amazônia Oriental, pelo apoio logístico nas análises laboratoriais das amostras.

A Bibliotecária da UFPA, Elisangela Silva da Costa, pela revisão bibliográfica.

“A pior coisa é você deixar a vida passar sem fazer absolutamente nada”.

Jaime Simon

RESUMO

Este trabalho foi realizado na Embrapa Amazônia Oriental, em Belém, Pará, (1°28' S 48°27' W de Greenwich), para avaliar o efeito de quatro níveis (0%, 15%, 30% e 45%) de concentrado, com subprodutos da agroindústria regional, em substituição à silagem de sorgo, no consumo voluntário e digestibilidade aparente da matéria seca (MS), proteína bruta (PB), energia bruta (EB), fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA). Foi realizado um ensaio metabólico, em 14 dias de adaptação e sete dias de período experimental, utilizando-se dezesseis ovinos, de cinco meses e média de 23 kg, em delineamento inteiramente casualizado, com quatro tratamentos e quatro repetições. Os dados foram analisados pelo software SAS. A inclusão de concentrado na dieta influenciou o consumo voluntário e a digestibilidade aparente de todos os nutrientes, sendo descrito por função quadrática. Constatou-se um aumento quadrático nos consumos aparentes da MS e MO, contudo, com aumento do nível de concentrado na ração, foram observadas diminuições significativas nos teores de FDN e FDA. Percentagens entre 30% e 45% de concentrado na dieta proporcionam melhores consumos e digestibilidades dos nutrientes, exceto de FDN e FDA. A utilização de concentrado na silagem de sorgo, o que proporciona maior disponibilidade de matéria seca na forragem e elevação do valor nutritivo da ração, é capaz de promover aumento da produtividade animal.

Palavras-chave: Silagem de sorgo, subprodutos da agroindústria, fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido, tanino.

ABSTRACT

This work was realized through in the Embrapa Amazon Eastern, in Belem, Para State, Brazil (1°28'S 48°27'W de Greenwich) to evaluate the effect of four levels (0%, 15%, 30% and 45%) of concentrate, with by-products of the regional agroindustry, in substitution to the ensilage of sorghum, in the voluntary consumption and apparent digestibility of the dry matter, crude protein, crude energy, fiber in neutral detergent and fiber in acid detergent. A metabolic test was realized in fourteen days of adaptation and seven days of experimental period, using sixteen ovines, of five months and 23 kg of live weight, in a completely randomized experimental design, with four treatments and four repetitions. The data was analyze by software SAS. The concentrated inclusion of in the diet influenced the voluntary consumption and the apparent digestibility of all nutrients, being described for quadratic function. One evidenced a quadratic increase in the apparent consumption's of the dry matter and organic matter. However, had been observed, with increase of the concentrated level of in the ration, significant reductions in contents of fiber in neutral detergent and fiber in acid detergent. The concentrated percentage of 30% to 45% of in the diet ration to better consumption's and digestibility of the nutrients, except of fiber in neutral detergent and fiber in acid detergent. The concentrated use in the ensilage of sorghum, provides to better availability of dry matter in the fodder plant and rise of the nutritional value of the ration, is capable to promote increase of the animal productivity.

Keywords: Ensilage of sorghum, nutritive value, agroindustry by-products, fiber in neutral detergent, fiber in acid detergent, tannin.

FIGURAS

		Pág.
Figura 1	Regressões para estimar os teores fibra detergente neutro (% FDN), fibra detergente ácida (% FDA) e celulose (% Cel.), em função do nível de concentrado na dieta experimental. X = Nível de concentrado na dieta.....	57
Figura 2	Regressões para estimar os teores de proteína bruta (% PB), lignina (% Lig.) e tanino condensado (% TC), em função do nível de concentrado na dieta experimental. X = Nível de concentrado na dieta.....	57
Figura 3	Regressões para estimar o teor de energia bruta (% EB), em função do nível de concentrado na dieta experimental. X = Nível de concentrado na dieta.....	58
Figura 4	Regressão para estimar o consumo de matéria seca (CMS) g/dia, em função do nível de concentrado na dieta experimental. X = Nível de concentrado na dieta.....	60
Figura 5	Regressão para estimar o consumo de matéria seca (CMS) % PV, em função do nível de concentrado na dieta experimental. X = Nível de concentrado na dieta.....	61
Figura 6	Regressão para estimar o consumo de matéria orgânica (CMO) g/dia, em função do nível de concentrado na dieta experimental. X = Nível de concentrado na dieta.....	61
Figura 7	Regressões para estimar a digestibilidade da matéria seca (%) e da matéria orgânica (%), em função do nível de concentrado na dieta experimental. X = Nível de concentrado na dieta.....	64
Figura 8	Regressão para estimar o consumo proteína bruta g/dia, em função do nível de concentrado das dietas experimentais. X = Nível de concentrado na dieta..	67
Figura 9	Regressão para estimar a digestibilidade da proteína bruta (DPB), em função do nível de concentrado nas dietas experimentais. X = Nível de concentrado na dieta.....	68
Figura 10	Regressão para estimar o consumo energia bruta (CEB), em kcal/dia, em função do nível de concentrado da dieta experimental. X = Nível de concentrado na dieta.....	70
Figura 11	Regressão para estimar digestibilidade da energia bruta (DEB), em função do	

	nível de concentrado da dieta experimental. X = Nível de concentrado na dieta.....	71
Figura 12	Regressões para estimar o consumo da fibra detergente neutro e fibra detergente ácida (g/dia), em função do nível de concentrado na dieta experimental. X = Nível de concentrado na dieta.....	73
Figura 13	Regressões para estimar a digestibilidade da fibra em detergente neutro (DFDN) e a digestibilidade da fibra em detergente ácido (DFDA), em função do nível de concentrado. X = Nível de concentrado na dieta.....	75

LISTA DE TABELAS

		Pág.
Tabela 1	Tratamentos experimentais.....	44
Tabela 2	Composição da ração experimental.....	44
Tabela 3	Composição da mistura mineral (100 kg).....	45
Tabela 4	Composição química do sorgo utilizado na elaboração da silagem (%MS)..	48
Tabela 5	Composição química dos tratamentos experimentais, com quatro níveis de concentrado (0, 15, 30 e 45%) na silagem de sorgo.....	50
Tabela 6	Consumos diários de matéria seca, em g e % do PV/dia, e de matéria orgânica, em g/dia, na dieta experimental.....	59
Tabela 7	Digestibilidade da matéria seca e da matéria orgânica, em função do nível de concentrado na dieta experimental.....	63
Tabela 8	Consumo de proteína bruta (CPB), em g/dia, e digestibilidade da proteína bruta (DPB), em função do nível de concentrado da dieta experimental.....	65
Tabela 9	Consumo de energia bruta (CEB), em kcal/dia, e digestibilidade da energia bruta (DEB), em função do nível de concentrado na dieta experimental.....	68
Tabela 10	Consumo da fibra em detergente neutro (CFDN), em g/dia, e da fibra em detergente neutro (CFDA) g/dia, em função do nível de concentrado na dieta.....	71
Tabela 11	Digestibilidade da fibra detergente neutro (DFDN) e da fibra detergente acida (DFDA), em função do nível de concentrado da dieta.....	73
Tabela 12	Coeficientes de correlação (r) entre as variáveis de resposta estudadas.....	76
Tabela 13	Equações de predição do CMS, DMS, CPB, DPB, CEB, DEB, CFDN, DFN, CFDA e DFDA, em função das variáveis estudadas.....	77

SIMBOLOS E SIGLAS

ABA	Ácido abscisso
BAL	Bactérias produtoras de ácido láctico
Cel	Celulose
CC	Citocinina
CEB	Consumo de energia bruta
CFDA	Consumo de fibra em detergente ácido
CFDN	Consumo de fibra em detergente neutro
CMO	Consumo da matéria orgânica
CMS	Consumo da matéria seca
CPB	Consumo de proteína bruta
DEB	Digestibilidade da energia bruta
DFDA	Digestibilidade da fibra em detergente ácido
DFDN	Digestibilidade da fibra em detergente neutro
DMO	Digestibilidade da matéria orgânica
DMS	Digestibilidade da matéria seca
DPB	Digestibilidade da proteína bruta
EB	Energia bruta
FDA	Fibra em detergente ácido
FDN	Fibra em detergente neutro
g	Gramas
HCL	Ácido clorídrico
Lig	Lignina
MO	Matéria orgânica
MS	Matéria seca
NDT	Nutrientes digestíveis totais
NNP	Nitrogênio não protéico
PB	Proteína bruta
PV	Peso vivo
RMF	Resíduo mineral fixo

TC	Tanino condensado
X	Níveis de concentrado na dieta

SUMÁRIO

	Pág.
1	INTRODUÇÃO..... 16
2	REVISÃO DA LITERATURA..... 18
2.1	ORIGEM DO SORGO..... 18
2.2	MORFO-FISIOLOGIA DA CULTURA DO SORGO..... 19
2.3	CLASSIFICAÇÃO DAS VARIEDADES DE SORGO..... 20
2.4	EFEITO GENETICO-FISIOLOGICO DO SORGO SOBRE A RESISTÊNCIA AO ESTRESSE..... 22
2.5	EFEITO DA PRODUÇÃO DE TANINO NO GRÃO DE SORGO..... 24
2.6	PRODUÇÃO DA CULTURA DE SORGO..... 25
2.7	INFLUÊNCIA DO AMBIENTE NO VALOR NUTRITIVO DAS FORRAGENS..... 26
2.8	SILAGEM..... 27
2.8.1	Fatores que Afetam o Valor Nutritivo da Silagem..... 30
2.8.1.1	Teor de Matéria Seca..... 30
2.8.1.2	Teor de Carboidratos Solúveis..... 31
2.8.1.3	Poder Tampão das Plantas Forrageiras..... 33
2.8.2	Indicadores de Qualidade da Silagem..... 34
2.9	CONSUMO..... 36
2.9.1	Consumo da Silagem de Sorgo..... 36
2.9.2	Consumo da Silagem vs. Utilização de Concentrado..... 38
2.10	DIGESTIBILIDADE DA SILAGEM..... 39
2.10.1	Digestibilidade da Matéria Seca..... 39
2.10.2	Digestibilidade das Proporções Fibrosas..... 40
3	MATERIAIS E METODOS..... 42
3.1	AREA EXPERIMENTAL..... 42
3.1.1	Plantio e Colheita da Forrageira..... 42
3.1.2	Animais Experimentais..... 43
3.1.3	Tratamentos Experimentais..... 43
3.1.4	Ensaio Metabólico..... 45

3.1.5	Análise Estatística.....	47
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	47
4.1	COMPOSIÇÃO QUÍMICA DO SORGO.....	47
4.2	VALOR NUTRITIVO DA SILAGEM.....	49
4.2.1	Composição Química.....	49
4.2.1.1	Matéria Seca.....	51
4.2.1.2	Matéria Orgânica e Resíduo Mineral Fixo.....	51
4.2.1.3	Proteína Bruta.....	52
4.2.1.4	Energia Bruta.....	53
4.2.1.5	Fibra Detergente Neutro.....	53
4.2.1.6	Fibra Detergente Ácida.....	54
4.2.1.7	Celulose.....	54
4.2.1.8	Lignina.....	55
4.2.1.9	Tanino Condensado.....	55
4.2.1.10	Equações de Regressão.....	56
4.3	CONSUMO E DIGESTIBILIDADE.....	59
4.3.1	Consumo da Matéria Seca e Orgânica.....	59
4.3.1.1	Equações de Regressão.....	61
4.3.2	Digestibilidade da Matéria Seca e Orgânica.....	65
4.3.2.1	Equações de Regressão.....	66
4.3.3	Consumo e Digestibilidade da Proteína Bruta.....	68
4.3.3.1	Equações de Regressão.....	71
4.3.4	Consumo e Digestibilidade da Energia Bruta.....	73
4.3.4.1	Equações de Regressão.....	74
4.3.5	Consumo das Porções Fibrosas (FDN e FDA).....	76
4.3.5.1	Equações de Regressão.....	78
4.3.6	Digestibilidade das Porções Fibrosas (FDN e FDA).....	79
4.3.6.1	Equações de Regressão.....	81
4.3.7	Correlação entre as Variáveis de Resposta.....	83
4.4.8	Equação de Predição das Variáveis.....	85

1 INTRODUÇÃO

A globalização da economia, com elevado grau de profissionalismo, exige que os pecuaristas pratiquem uma pecuária empresarial, com destacada eficiência (COSTA *et al.*, 2002). Em nossa região, a exploração de ruminantes para produção de carne e leite é desenvolvida em sistemas de produção que precisam ser ajustados, principalmente na alimentação, fator que influencia o componente econômico, por ser de custo elevado (RODRIGUES FILHO *et al.*, 2002).

Na Amazônia, existem condições favoráveis à produção, com suprimento de energia radiante e chuvas abundantes, que permitem elevada produção de forrageiras de boa qualidade e ambiente sadio para o rebanho. Apesar dessas características favoráveis, a baixa rentabilidade da pecuária torna a atividade pouco atrativa, basicamente por produtores que não usam inovações tecnológicas, como o suprimento das demandas nutricionais dos animais, em períodos de menor disponibilidade de forragem, associada ao menor valor nutritivo.

O uso de silagem pode contribuir para elevar a produtividade animal e, conseqüentemente, a rentabilidade dos sistemas produtivos (LOURENÇO JÚNIOR *et al.*, 2004). O sorgo é bastante usado para silagem, devido ao seu potencial de produção de biomassa, em condições de deficiência hídrica e solos pobres, tolerante às doenças e pragas, facilidade de cultivo e conservação, bom valor nutritivo, fonte de fibra digestível e amido, além de excelente consumo animal, o que proporciona destacado desempenho na produção de carne e leite e pode ser fornecida para animais em pastejo ou estabulados (FERREIRA *et al.*, 1995; RESTLE *et al.*, 1998).

Assim, este trabalho visa avaliar o valor nutritivo da silagem de sorgo, com diferentes níveis de concentrado, como alternativa para alimentação suplementar de

ruminantes em pastejo, na Amazônia Oriental, através da composição química, consumo voluntário e digestibilidade aparente.

2 REVISÃO BIBLIOGRAFICA

2.1 ORIGEM DO SORGO

O sorgo (*Sorghum bicolor* [L.] Moench) é uma planta originaria do Centro-Leste da África e parte da Ásia, abaixo do deserto de Saara, na região da Etiópia e do Sudão, com gênero ancestral de 5.000 a 600 anos a.C., sendo domesticado ao longo de gerações e usado para satisfazer as necessidades alimentares de humanas e animais (RUAS *et al.*, 1988 e COSTA *et al.*, 2004).

Sua introdução é recente nas Américas, através do Caribe, trazido por escravos africanos. O sorgo atingiu o sudeste dos Estados Unidos, na metade do século XIX. Em 1857, o Departamento de Agricultura dos Estados Unidos lançou o que pode ter sido a primeira cultivar comercial “moderna” de sorgo do mundo, fruto de manipulação genética, denominado “combine types” ou sorgo granífero. Essa cultura se desenvolveu em várias regiões do oeste dos EUA e tornou-se popular em outros países, como Argentina, México, Austrália, China, Colômbia, Venezuela, Nigéria, Sudão e Etiópia (RUAS *et al.*, 1988 e TEIXEIRA & TEIXEIRA, 2004).

No Brasil deve ter chegado da mesma forma como nas Américas, do Norte e Central. Nomes como milho d’Angola ou milho da Guiné, encontram-se na literatura e, até hoje, no vocabulário nordestino. A partir da segunda década do século XX a cultura foi reintroduzida no país (TEIXEIRA & TEIXEIRA, 2004), quando o setor privado entrou no agronegócio do sorgo. Nessa ocasião, os híbridos de sorgo granífero, de porte baixo, recém-lançados na Argentina, como o sorgo anão,

entraram no Brasil, através da fronteira gaúcha com os países platinos. Do Rio Grande do Sul, os híbridos desenvolvidos pelo trabalho dos melhoristas americanos, adaptados às condições do pampa argentino, chegaram a São Paulo e, posteriormente, se expandiram para outros estados (RESTLE *et al.*, 1998).

A área cultivada com sorgo no Brasil deu um salto extraordinário, a partir do início dos anos 90. O Centro Oeste é a principal região de cultivo de sorgo granífero, enquanto o Rio Grande do Sul e Minas Gerais, de sorgos forrageiros. O sorgo granífero é cultivado, sob três sistemas de produção. No Rio Grande do Sul, planta-se sorgo na primavera e colhe-se no outono. No Brasil Central, a semeadura é feita em sucessão às culturas de verão, principalmente a soja. No nordeste, a cultura é plantada na estação das chuvas (TEIXEIRA & TEIXEIRA, 2004).

No segmento de sorgo forrageiro, o sistema é de cultivo exclusivo de verão-outono e a maior área plantada ainda é para confecção de silagem. Mas, nos últimos três anos, cresceram, significativamente, as áreas de sorgo para pastejo e/ou corte verde, como também na formação de palha para plantio direto (ZAGO, 1991). Esses modernos cultivares têm se adaptado em sistemas integrando a agricultura e pecuária.

2.2 MORFO-FISIOLOGIA DO SORGO

O sorgo *Sorghum bicolor* L. Moench é uma planta que pertence à família Gramíneae/Poaceae, caracterizada como autógama, com baixa taxa de fecundação cruzada (MAGALHÃES *et al.*, 2000). Apresenta metabolismo de fixação de carbono

do tipo C4, sendo uma planta de dias curtos (PDC) e apresentando altas taxas fotossintéticas. A maioria dos materiais genéticos existentes de sorgo requer temperaturas superiores à 21°C para bom crescimento e desenvolvimento (PAUL, 1990), com rendimentos de 1.500 a 12.000 sementes por panícula, em densidades de 300 mil a 600 mil plantas.ha⁻¹.

O sorgo tolera mais a deficiência do que o excesso de água no solo que qualquer outro cereal. É importante salientar que na fase de iniciação da panícula até o florescimento, vários processos ocorrem comprometendo o rendimento. Durante o estabelecimento de um número de grãos tem sido geralmente o mais importante componente de produção, associado ao aumento de rendimento em sorgo. O rendimento final é função tanto da duração do período de enchimento de grãos como da taxa de acúmulo de matéria seca diária (COSTA *et al.*, 2004).

2.3 CLASSIFICAÇÃO DAS VARIEDADES DE SORGO

Os sorgos são classificados em granífero, ou de porte baixo, forrageiro, ou de porte alto, de dupla aptidão, ou de porte médio, sacarino e tipo vassoura (GARCIA *et al.*, 1979; CARVALHO, 1996). A diferença está na proporção de colmo, folhas e panículas, que reflete na produção de matéria seca por hectare, na composição bromatológica e no valor nutritivo (BORGES *et al.*, 1997). Cada um apresenta características agronômicas e valor nutritivo diferentes, com conseqüentes variações, quanto à produtividade e padrões de fermentação, resultando em

silagens de diferentes qualidades (BORGES *et al.*, 1997; EVANGELISTA & ROCHA, 1997).

Para ensilagem, recomenda-se o uso de plantas de menor porte, híbridos precoces, com maior percentagem de grãos na matéria seca total (40% a 50%), ao atingirem o ponto ideal de maturação de grãos. Os híbridos precoces, devido ao seu porte reduzido, possibilitam aumento de populações de plantas por área e viabilizam melhor ajuste nos esquemas de rotação de culturas e mais de um cultivo por ano, com melhor aproveitamento da área (FERNANDES & LEITE, 2004).

As pesquisas para o desenvolvimento de sorgo tiveram início com variedades de porte alto, elevado nível de açúcares e baixa produção de grãos. Nos últimos anos tem sido feito o melhoramento do sorgo para maior resistência a pragas e intempéries, para obtenção de bom equilíbrio entre colmo, panículas e folhas, e para produção de silagens e grãos (MARTINS *et al.*, 2003a).

O melhoramento de forrageiras deve visar melhor adaptação ao solo, resistência a pragas e doenças, adaptação ao pisoteio e/ou corte, aceitabilidade pelo animal, melhor relação folha/caule e composição química/digestibilidade, sendo realizado com base na região de cultivo e nível tecnológico que se pretende imprimir (BORGES *et al.* 1997, EVANGELISTA & ROCHA, 1997 e MARTINS *et al.* 2003a).

Os trabalhos de melhoramento, visando obter cultivares mais adaptados ao plantio adensado, têm buscado plantas com folhas mais eretas, de porte mais baixo, além de materiais prolíficos, como forma de evitar decréscimos na produção de grãos, pelo efeito do sombreamento, ou riscos de tombamento, em razão de colmos mais finos (AGUIAR & GUIMARÃES, 2000). No exterior, os programas de melhoramento desenvolvem híbridos que possuam colmos e folhas mais digestíveis. No Norte do Brasil ainda são reduzidos os trabalhos nessa área, mas, esse

panorama deve ser alterado, nos próximos anos, com o avanço nas pesquisas sobre híbridos de milho e sorgo, destinados para produção de silagem.

2.4 RESISTÊNCIA DO SORGO AO ESTRESSE

A resposta do sorgo às condições de ambiente envolve, além das variáveis climáticas, tais como temperatura do ar e precipitação, a quantidade de água no solo. A redução de produtividade está relacionada ao decréscimo do número de sementes, pela redução do período de desenvolvimento da panícula. No que se refere à temperatura do ar, existem diferentes temperaturas ótimas, que variam com a cultivar, e que 5°C acima do valor da temperatura noturna pode reduzir em até 33% a produtividade (AGUIAR & GUIMARÃES, 2000). Esse fato é devido ao aumento da taxa de respiração noturna, pois cada 1°C de aumento na temperatura noturna ocorre uma taxa de aumento de respiração em torno de 14% (COSTA *et al.*, 2004).

Temperatura superior a 38°C reduz a produtividade e a maioria dos cultivares não crescem bem em temperaturas inferiores a 16°C. Quanto à água, os diferentes genótipos apresentam diferente tolerância ao estresse hídrico. O sorgo tem mostrado capacidade de recuperar-se, depois de prolongado período de murchamento. Bastam cinco dias de ritmo normal para a abertura dos estômatos retornarem às atividades fisiológicas normais (COSTA *et al.*, 2004).

A maior vantagem do sorgo, em relação à cultura do milho, é a sua habilidade em se tornar dormente, durante o período seco, reiniciando o crescimento após o

novo período de chuvas. Trata-se de uma cultura xerófita que pode contribuir para minimizar os efeitos do período seco (LIRA, 1981). O sorgo tem um sistema radicular mais desenvolvido que o do milho e alcança maior profundidade e volume de solo. O sorgo requer menos água para produzir um grama de matéria seca do que o milho (332 vs. 368 kg água/kg de matéria seca). Embora seja uma cultura resistente a estresse hídrico, sofre efeito do déficit hídrico, chegando a reduzir sua produtividade (COSTA *et al.*, 2004).

Seleção de plantas para rendimento de grãos, sob estresse ambiental, quando comparada com seleção sob condição não estressante, tem sido considerada menos eficiente, pois há redução na estimativa da herdabilidade de rendimento de grãos, quando a variância ambiental eleva-se e a variância genética decresce (ROSIELE & HAMBLIN, 1981). As plantas individuais respondem à maioria dos estresses de ambiente, pela mudança de seu balanço hormonal, freqüentemente produzindo mais ácido abscísico (ABA) e menos citocinina (CC). Essas mudanças hormonais parecem ser o gatilho para descrever os reduzidos crescimentos, em resposta aos estresses do ambiente.

O ajustamento osmótico reduz o impacto do estresse hídrico no crescimento e rendimento das culturas. No sorgo, isto pode conferir uma vantagem no rendimento superior a 30%, em relação a condições limitantes de água. Existe considerável variação de ajustamento osmótico entre linhagens de sorgo. Há, no mínimo, três genes individuais segregando para uma característica: um recessivo, um aditivo e um desconhecido (LUDLOW *et al.*, 1993). O ajustamento osmótico contribui diretamente para o rendimento de grãos pela melhoria de água transpirada e índice de colheita, e indiretamente, por aumentar a tolerância à desidratação (MAGALHAES *et al.*, 2000).

2.5 EFEITO DA PRODUÇÃO DE TANINO NO GRÃO DE SORGO

Devido ao fato de não apresentar uma proteção para sementes, como, por exemplo, a palha de milho ou as glumas do trigo e da cevada, a planta de sorgo produz vários compostos fenólicos, os quais servem como uma defesa química contra pássaros, patógenos e outros competidores. Toda planta de sorgo possui aproximadamente os mesmos níveis de proteína, amido, lipídios etc., porém vários compostos fenólicos podem ocorrer ou não. Entre esses compostos, destaca-se o tanino condensado, o qual tem ação antinutricional (MAGALHAES *et al.*, 2000).

A presença do tanino no grão de sorgo depende da constituição genética do material. Os genótipos que possuem os genes dominantes B1 e B2 são considerados sorgo com presença de tanino. O tanino no sorgo tem causado bastante controvérsia, uma vez que, apesar de algumas vantagens agronômicas, como resistência a pássaros e doenças do grão, ele causa problemas na digestão dos animais, pelo fato de formarem complexos com proteínas e, assim, diminuir a sua palatabilidade e digestibilidade (RODRIGUEZ *et al.*, 1999).

A habilidade dos taninos de interagirem com as proteínas, formando complexos tanino-proteína, resistentes ao ataque microbiano, constitui o mais importante efeito nutricional e toxicológico desses compostos (REED, 1995). No entanto, parece haver maior afinidade dos taninos pelas proteínas do que por outras moléculas (como a celulose), o que é atribuído às fortes pontes de hidrogênio que se formam entre o oxigênio do grupo carbonila das proteínas e os grupos hidroxifenólicos dos taninos (MC LEOD, 1974).

Existem quatro tipos de ligações para a formação do complexo tanino-proteína: 1) pontes de hidrogênio entre fenóis e os grupos hidroxila das proteínas; 2) pontes ou interações iônicas entre o ânion fenolato e o sítio catiônico da molécula protéica; 3) interações hidrofóbicas, entre estrutura do anel aromático dos compostos fenólicos e as regiões hidrofóbicas das proteínas; e 4) ligações covalentes formadas pela oxidação dos polifenóis a quinonas e subsequente condensação com os grupos nucleofílicos (-NH₂, -SH, -OH) das proteínas (KUMAR & SINGH, 1984). A sua determinação pode ser um problema, pois os métodos calorimétricos podem não diferir taninos de outros compostos fenólicos, além do mais, não possui uma substância adequada para ser utilizada como padrão para esses métodos de estudo (MAGALHAES *et al.*, 2000).

2.6 PRODUÇÃO DA CULTURA DE SORGO

A produção mundial de grãos de sorgo foi estimada em cerca de 58,9 milhões de toneladas métricas, em julho de 2002, em área total de cerca de 37 milhões de ha. Desse total a Ásia e África participam com 82%, no entanto, a maior produção e produtividade estão na América do Norte. Na América do Sul, a Argentina tem a maior produção, seguido pelo Brasil, onde, de acordo com o levantamento da safra de 2005/2006, foram plantados cerca de 808.600 ha de sorgo, com destaque para a região Centro Oeste, com produção de 867,3 mil toneladas. Na Região Norte apenas o Estado de Tocantins produz sorgo, em 9.600 ha, com produção de 18,8 mil toneladas. Com incremento de 8% na produção total, em relação à safra

2004/2005, o Brasil teve um aumento na área total cultivada de 10,3% (CONAB, 2006).

2.7 INFLUÊNCIA DO AMBIENTE NO VALOR NUTRITIVO DAS FORRAGENS

A eficiência dos sistemas de produção à pasto depende do potencial de componentes básicos, como valor forrageiro da planta e tipo de animal, ambos limitados pelo ambiente. O potencial forrageiro é resultado de complexa interação entre planta, afetando o valor nutritivo (composição química, digestibilidade, produtos da digestão) e consumo MS (aceitabilidade, taxa de passagem e disponibilidade), enquanto o potencial animal é uma função do indivíduo (idade, tamanho, sexo) e de genética, tendo como fator limitante para sua expressão, o ambiente, climático e/ou nutricional (THIAGO, 1999).

À medida que a pastagem vai perdendo qualidade, maior deve ser o consumo de MS, para compensar as perdas em nutrientes. A relação entre qualidade da forragem e tipo de suplemento promove diferentes respostas. Com forragens de baixa qualidade, o consumo de nutrientes aumenta com a adição de concentrado. Para atender o crescimento e ganho de peso, as exigências nutricionais do animal em pastejo são contínuas, e alcançadas através do consumo diário de MS (THIAGO, 1999).

Maior precocidade animal, em sistemas de produção à pasto, pode ser alcançada com ajuste nutricional entre a curva sazonal de oferta das pastagens e a curva crescente de demandas do animal. Isso pode ser possível através do uso da

suplementação alimentar (VALVERDE, 1997). Na Amazônia setentrional, essa época ocorre entre os meses de julho a outubro, quando as pastagens estão maduras, com taxa de crescimento em torno de 15%, em relação ao total anual, além de baixos teores de nutrientes (VEIGA *et al.*, 2000).

A estação do ano interfere na produção e no valor nutritivo das forragens. Devido a variação na disponibilidade de água, geralmente o inverno apresenta maior produção forrageira (CAMARÃO *et al.*, 1998). Veiga (2000) observou acréscimo no valor nutritivo de 27% na proteína bruta e 7% na digestibilidade do braquiarião (*Brachiaria brizantha*), no inverno em relação ao verão e Camarão *et al.* (1998) observaram que a digestibilidade de varias gramíneas foi maior na época chuvosa.

2.8 SILAGEM

O objetivo da ensilagem é preservar o alimento, mantendo sua qualidade e características próximas do material original (ROCHA JÚNIOR *et al.*, 2000), com a máxima concentração de ácido láctico produzido por microorganismos, suficiente para inibir outras formas de atividade microbiana (MUCK & BOLSEN, 1991; MAHANNA, 1993; 1996; SEGLAR, 1996), até que a silagem possa ser utilizada pelos ruminantes, durante o período de menor disponibilidade de forragem.

Durante a fermentação ocorrem varias transformações químicas, que afetam a composição química do material. Essas transformações podem ser por perdas decorrentes da ação de fungos e bactérias, relacionadas às práticas incorretas de

manejo, e por mudanças bioquímicas, respiração das plantas e fermentação (TORRES, 1984).

Qualquer espécie forrageira, anual ou perene, pode ser ensilada, desde que apresente teor de umidade compatível, entre de 30 e 35% (BOIN, 1979), pois as silagens sofrem grande influência de reações químicas no silo, afetando a qualidade da silagem (BARNETT, 1954), como pela exclusão do ar, pois a respiração da planta e de microrganismos consome os carboidratos disponíveis para produção de ácido láctico, aumentando as perdas de matéria seca (MILLER *et al.*, 1962; RUXTON & MC DONALD, 1974).

O valor nutritivo da silagem está relacionado ao processo fermentativo e os critérios mais utilizados na sua avaliação são os teores de ácidos orgânicos, o índice de pH e a percentagem de nitrogênio amoniacal, em relação ao nitrogênio total ($N-NH_3/NT$). O material ensilado e os microrganismos (bactérias), durante o início do período de fermentação, utilizam os carboidratos solúveis, até esgotar o oxigênio do material, entre quatro e seis horas, produzindo, em contrapartida, monóxido de carbono, água e calor (ROCHA JÚNIOR *et al.*, 2000).

A temperatura ideal nessa fase deve estar entre 27°C e 38°C, propícia ao crescimento dos microrganismos produtores de ácido láctico. Se a compactação e vedação do material não forem bem feitas haverá excesso de oxigênio, que induzirá maior respiração celular e elevação da temperatura, acima de 44°C, contribuindo para aumentar os danos às proteínas da forragem ensilada (reação de Mayllard), com produção de peptídios, aminoácidos, amônia e aminas, caracterizados como nitrogênio não protéico, com redução no valor nutritivo da forragem, por redução na digestibilidade de proteína (SILVA *et al.*, 2004 & RODRIGUEZ *et al.*, 1999).

Mudanças positivas ocorrem quando a hemicelulose sofre ação enzimática reduzindo-a a monossacarídeos, tornando-se disponível como açúcares adicionais às fermentações posteriores (SILVA *et al.*, 2004). Após a exaustão do oxigênio, em anaerobiose, há uma rápida multiplicação de bactéria anaeróbicas, que utilizam as hexoses (glicose e frutose) e de pentoses (xilose e ribose), torna-se crescente a produção de ácido acético, etanol, ácido láctico e CO₂. Com a ocorrência dessas espécies bacterianas, o pH da ensilagem reduz para menos de 5,0 e as bactérias heterofermentativas diminuem sua atividade (SILVA *et al.*, 2004 & RODRIGUEZ *et al.*, 1999).

Enzimas proteolíticas e produtos de hidrólise, como aminoácidos, aminas, amônia e amidas podem ocorrer e acarretam perdas de valor nutritivo. Esse fato pode ser explicado pela degradação da proteína durante a ensilagem, pois cerca de 40-70% do nitrogênio da silagem é encontrado como NNP, enquanto na forragem original 70-90% do nitrogênio é encontrado na forma de proteínas (SILVA *et al.*, 2004 & RODRIGUEZ *et al.*, 1999).

A proteólise diminui quando a temperatura reduz e o pH cai de 6,0 para 4,0, constituindo-se no principal parâmetro controlador dessa atividade. A umidade aumenta a atividade enzimática quando o conteúdo de matéria seca da forragem é inferior a 50%. O declínio do pH favorece o aumento da eficiência das bactérias produtoras de ácido láctico (BAL). Uma população de (10⁸ UFC/g de MS) de bactérias e temperatura entre 30° C e 40°C no material ensilado tende à sua estabilização. População de BAL (10⁸ UFC/g de MS) na massa ensilada de milho, com 60 dias, e leveduras se mantiveram constante por 120 dias (10⁵ UFC/g de MS) (DELLAGLIO & TORRIANI, 1986; MUCK & DICKERSON, 1987; LUIS & RAMIREZ, 1988; SILVA *et al.*, 2004).

A estabilização do pH na silagem deve-se a interações entre concentração da matéria seca, da capacidade tamponante, das concentrações de carboidratos solúveis e do lactato e das condições de anaerobiose do meio (FISHER & BURNS, 1987; HAIGH, 1990; HENDERSON, 1993; MOISIO & HEIKONEN, 1994).

Quanto maior a quantidade de microrganismos aeróbicos, após a abertura do silo, mais rápido será o aquecimento da silagem. Portanto, o manejo dos processos de enchimento, fermentação e vedação do silo têm efeito sobre as possíveis perdas que venham ocorrer na abertura do silo, além do tempo de exposição da silagem com o oxigênio atmosférico, durante sua abertura. Para que esse tipo de manejo seja possível é necessário que se faça correto dimensionamento do silo, sem que haja excesso de movimento do material que permanecerá no silo (MOURA CARVALHO *et al.*, 2004; SILVA *et al.*, 2004).

2.8.1 Fatores que Afetam o Valor Nutritivo da Silagem

2.8.1.1 Teor de Matéria Seca

A qualidade da forragem ensilada está relacionada com o seu teor de matéria seca, que irá influenciar a fermentação e a conservação da massa ensilada. Teores ideais de matéria seca devem estar situados entre 30% e 35% (BOIN, 1979; GORDON, 1967), no entanto, Briggs *et al.* (1961) recomendam limites de variação nos teores de matéria seca, de 28% a 40%, respectivamente.

A elevação nos níveis de matéria seca, acima de 40%, dificulta a compactação da massa e expulsão do ar (VILELA, 1984). No entanto, para Silva *et al.* (2004) a redução da matéria seca, abaixo de 28%, prejudica a fermentação e resulta em perda de matéria seca, principalmente, através dos líquidos efluentes (VAN SOEST, 1994).

Existe relação significativa entre o conteúdo de água da forrageira ensilada e características indesejáveis na silagem, tais como ácido butírico e bases voláteis, reduzindo seu teor de matéria seca (ARCHIBALD *et al.*, 1960). No trabalho de Consentino (1978), teores de MS acima de 30% limitaram a ação das bactérias produtoras de ácido butírico e a intensa degradação de proteínas. Jackson & Forbes (1970) observaram teores de nitrogênio amoniacal (% N total) de 9,18% e ácido acético (% na MS) de 0,66%, em material ensilado com 32% de MS, valores esses considerados ideais para uma silagem de boa qualidade (SILVEIRA, 1976).

2.8.1.2 Teor de Carboidratos Solúveis

Os teores de carboidratos solúveis na forrageira a ser ensilada contribuem para que ocorra boa fermentação, ou seja, maior produção dos ácidos orgânicos benéficos. Segundo Kearney & Kennedy, 1962; Johnson *et al.*, 1971; Catchpole & Henzel, 1971, o teor mínimo de carboidratos solúveis deve ser de 13% a 16% na MS total da forrageira a ser ensilada, para que ocorra boa fermentação láctica. Entretanto, Nussio *et al.* (2001) recomendam mínimo de 3% de carboidratos solúveis.

Existe uma correlação positiva entre valores de pH e concentração de carboidratos solúveis, no entanto, há relação negativa entre concentrações de lactato e acetato. O lactato é o principal responsável pelo fornecimento de H⁺ ao meio e, conseqüente, abaixamento de pH. A correlação entre pH e carboidratos solúveis (0,80) indica a extensiva utilização de substrato para a produção de ácidos. As correlações negativas obtidas entre acetato e pH são conseqüência da acidificação resultante da ionização do lactato, considerando-se que as produções de lactato e acetato se correlacionaram positivamente (RODRIGUEZ *et al.*, 1999).

Correlação alta e positiva entre o teor de ácido láctico das silagens e o teor de carboidratos solúveis das forrageiras indica que a fermentação láctica está na dependência da disponibilidade de carboidratos. Correlações negativas entre o teor de carboidratos solúveis e nitrogênio amoniacal, ácido acético e ácido butírico indicam silagem de má qualidade (FARIA, 1971; SILVEIRA, 1976).

A silagem de sorgo tem apresentado bons resultados, devido à sua elevada concentração de carboidratos solúveis fermentáveis, baixo poder tampão e elevado

teor de matéria seca. No entanto, a maioria das forrageiras tropicais tem apresentado teor relativamente baixo de carboidratos solúveis (ZAGO, 1991).

2.8.1.3 Poder Tampão das Plantas Forrageiras

Tampões são formados por mistura de ácidos fracos e seus sais, de tal forma que a adição de um ácido ou uma base ao meio, mesmo que fortes, não afetarão o pH. Dos ácidos orgânicos que formam o sistema tampão das plantas, o málico, cítrico e o fosfórico são os mais importantes, mas algumas leguminosas possuem, ainda, grandes quantidades de ácido glicérico e elevados níveis de proteína, aumentando o seu poder tampão (WHITTENBURY *et al.*, 1967; VUYST & VANBELLE, 1969). WILSON & TILLEY (1964) justificam que o valor elevado do pH de algumas silagens é resultado do elevado teor de nitrogênio e reduzida percentagem de MS. O problema de ensilar forrageiras com poder tampão elevado resulta da necessidade de um aumento no teor de ácido láctico, de modo a reduzir o pH para valores adequados (3,8 a 4,2), com necessidade de maior teor de carboidratos para reduzir o pH (LAVEZZO, 1985).

Os trabalhos realizados por NILSSON (1959) demonstram que os produtos de desdobramento das proteínas promovem um grande aumento da capacidade tampão, de tal forma que são necessários dez vezes mais ácido para reduzir o pH de 6,0 para 4,0, verificando-se que, após 14 dias de armazenamento, o pH passou de 5,4 para 7,3, atribuindo-se o fato à liberação de amônia, cuja reação é básica, a qual foi liberada com aminoácidos, pela ação de enzimas da planta.

2.8.2 Indicadores de Qualidade da Silagem

As percentagens de ácido butírico, ácido láctico, N-amoniaco, carboidratos residuais, além do pH e das relações ácido láctico/ácido acético, entre outros, são importantes características para avaliação dos padrões de fermentação de uma silagem (BORGES, 1995). Os ácidos orgânicos que se encontram na silagem (lático, butírico, acético, succínico e fórmico) contribuem para a acidez total da massa ensilada. No entanto, o ácido láctico apresenta maior constante de dissociação, sendo, por isso, o mais forte e o mais responsável pelo abaixamento do pH para a faixa de 3,8-4,2 (SILVEIRA, 1976).

Na silagem de sorgo forrageiro foram observados valores crescentes das concentrações de lactato (1,0 à 7,2%), entre o primeiro e o trigésimo primeiro dia após o fechamento do silo (MEESKE *et al.*, 1983). Entretanto Rodriguez *et al.* (1999) comprovaram que, após um dia, as bactérias lácticas já se encontravam ativas, com grande parte de lactato produzido.

Em silagem de sorgo granífero foram observadas concentrações de lactato de 4,9 a 7,4% e de acetato de 1,6 a 3,9% (FISHER & BURNS, 1987). Tjandraatmadja *et al.* (1993), ensilando sorgo forrageiro, encontraram concentrações de lactato de 7,2% e de acetato de 1,76%, enquanto Rodriguez *et al.* (1999) registraram valores menores de lactato e acetato, 3,2% e 1,31%, respectivamente. Embora, o ácido acético conserve bem o produto, quando em percentagem acima de 0,8% ele torna-se indicativo de alterações indesejáveis no processo (ANDRIGUETTO *et al.*, 1985). As bactérias produtoras de ácido acético são as primeiras a atuar, devido a presença de oxigênio, mas logo são inibidas pelo aumento de temperatura e acidez do meio.

As silagens de boa qualidade não exibem degradação da proteína verdadeira, do nitrogênio não protéico e do nitrogênio insolúvel em detergente ácido. Voss (1966) relata que a ocorrência da acidificação inadequada resulta no desenvolvimento de bactérias produtoras de ácido acético e butírico. A presença de ácido butírico na ensilagem é acompanhada de mudanças na qualidade do produto. Essas alterações são devidas ao odor desagradável e penetrante, às vezes de material em putrefação, entretanto, o efeito mais prejudicial das bactérias produtoras de ácido butírico é o desdobramento de proteínas (FARIA, 1986).

Após a atuação das proteases, ocorrem fermentações secundárias se os ácidos da fermentação não são formados de modo a reduzir o pH (LEIBENSPERGER & PITT, 1987). A quantidade de ácido láctico para reduzir o pH vai depender da capacidade-tampão e do teor de matéria seca da forragem. Quanto maior o teor de umidade, mais elevado é o pH, no qual os clostrídios permanecem ativos (MC DONALD *et al.*, 1995).

A acidez é considerada um fator importante na conservação da silagem, atuando no controle e inibição do desenvolvimento de microorganismos prejudiciais, como as bactérias do gênero *Clostridium*, sensíveis ao pH abaixo de 4 (WHITTENBURY *et al.*, 1967). O pH elevado indica perda de nutrientes, principalmente proteínas, resultando em material menos palatável e de odor desagradável (FARIA, 1986).

Com o propósito de estabelecer limites ou faixas de pH, nitrogênio amoniacal, ácido butírico e ácido láctico, Silveira (1976) estabeleceu que uma boa silagem é aquela que apresenta pH menor que 4,2 e nitrogênio amoniacal, menor ou igual a 11% do nitrogênio total. Contudo, Mahanna (1996) classifica uma silagem de boa qualidade quando a massa ensilada apresenta valores de pH, variando de 3 a 4,8,

teores de NH₃ de 1,02% a 2,87% e com mais de 3,03% de ácido láctico, com base na MS. Para Breirem & Ulvesli (1960), o pH deve ser igual ou inferior a 4,2, os teores de ácido láctico entre 1,5% e 2,5%, acético entre 0,5% e 0,8%, butírico menor que 0,1% e nitrogênio amoniacal entre 5 e 8% do nitrogênio total.

Apenas algumas silagens apresentaram concentrações mensuráveis de propionato e butirato, e mesmo assim em concentrações muito baixas (RODRIGUEZ *et al.*, 1999). Em silagens bem preservadas são esperadas concentrações baixas ou nulas desses ácidos, considerando-se que são originários de fermentações secundárias (MC DONALD *et al.*, 1991; VAN SOEST, 1994).

2.9 CONSUMO

2.9.1 Consumo da Silagem de Sorgo

O consumo voluntário é empregado para determinar o limite máximo do apetite (THIAGO & GILL, 1990), sob condições de alimentação *ad libitum*, e constitui-se em importante critério na formulação de dietas para ruminantes, no cálculo da área necessária para pastagens, em sistemas extensivos e semi-intensivos, para o estabelecimento de culturas para a ensilagem, bem como para controle de estoques de alimentos.

O consumo é um dos fatores mais importantes na determinação do valor nutritivo da silagem, tendo em vista que o volume de nutrientes ingeridos e o

desempenho animal dependem da quantidade e qualidade de alimentos consumidos. Segundo Crampton (1957), a qualidade de uma forrageira é função de sua composição química e de seu consumo pelos animais, além da digestibilidade de seus nutrientes. (DIAS *et al.*, 2001; ELIZALDE, 1995).

O consumo de matéria seca pode apresentar variações, resultando em significativas diferenças nas quantidades de nutrientes consumidos e, conseqüentemente, no desempenho dos animais. Condições precárias no silo, que favorecem uma fermentação clostridiana, produzem silagens com características de baixo consumo. Os produtos que deprimem o consumo incluem amônia e ácidos voláteis, particularmente o acético (FORBES, 1995).

Trabalhando com novilhos de corte e vacas de leite, Ward *et al.* (1966) observaram relação positiva, entre consumo de silagens de sorgo e milho, com os seus teores de matéria seca. São observados maiores consumos de MS em silagem de sorgo, no estágio de grãos farináceos ou duros, em relação ao de grão leitoso (ANDRADE & CARVALHO, 1992; TONANI, 1995). Porém, no caso da silagem de sorgo, a maior percentagem de grãos duros aumenta a sua perda nas fezes, comparada à da silagem de milho. Alguns híbridos atingem o teor de matéria seca ideal no estágio de grão farináceo e outros, no de grão leitoso para grão pastoso (MOLINA *et al.*, 2000).

2.9.2 Consumo da Silagem vs. Utilização de Concentrado

A qualidade de qualquer alimento é dada pelo seu valor nutritivo, o qual é representado pela composição química, digestibilidade dos constituintes, consumo voluntário e desempenho animal (ARMSTRONG, 1984 & VAN SOEST, 1994).

Valvasori *et al.* (1998) não registraram diferença no consumo de MS, quando ovinos foram suplementados com 0,16 kg e 0,24 kg de farelo de algodão/dia. Carneiro *et al.* (1982), trabalhando com ovinos, observaram consumo de 80 g/kg^{0,75}, com adição de 40% de soja à silagem de milho. Porém, quando a foi fornecida exclusivamente silagem, o consumo foi inferior, de 57 g/kg^{0,75}, o que indica a maior aceitabilidade da silagem mista. Valvasori *et al.* (1998) observaram maior preferência dos animais pela silagem de sorgo (3,1 kg de MS), em relação à de cana-de-açúcar (2,6 kg de MS). Existem controvérsias sobre o consumo e digestibilidade aparente de silagens de sorgo, com diferentes níveis de concentrados, por isso é necessário conhecer melhor o seu uso na alimentação animal.

2.10 DIGESTIBILIDADE DA SILAGEM

2.10.1 Digestibilidade da Matéria Seca

A digestibilidade do alimento representa a capacidade que o animal possui para utilização dos seus nutrientes, em maior ou menor escala. Essa capacidade é expressa pelo coeficiente de digestibilidade, o que constitui uma característica do alimento e não do animal (SILVA & LEÃO, 1979).

Existe grande variação entre os dados referentes ao consumo e à digestibilidade aparente em ovinos alimentados com silagem de sorgo. De acordo com Pereira *et al.* (1993), essas variações se devem, em parte, ao grande número de variedades existentes, associadas a outros fatores, como local e época de plantio, idade, época de corte e densidade da planta, entre outros, o que provocará grandes diferenças na qualidade das silagens.

Avaliando o valor nutritivo de silagens de três híbridos de sorgo (forrageiro, duplo-propósito e granífero), colhidos em três estádios de maturação de grãos (leitoso, pastoso e farináceo), Tonani (1995) verificou maior consumo de matéria seca para a silagem do híbrido de duplo propósito, no estádio leitoso e recomenda que os cortes sejam efetuados em estádio de maturação de grão leitoso a pastoso, pois há redução na digestibilidade da matéria seca nos estádios mais avançados. Entretanto, Andrade & Carvalho (1992) verificaram maiores ingestões diárias de matéria seca e nutrientes digestíveis totais (NDT), quando os grãos estavam nos estádios farináceos a duros.

Híbridos de sorgo no estágio de grão leitoso, normalmente, apresentam maiores coeficientes de digestibilidade da porção fibrosa. No entanto, o rápido aumento da porção de grãos e, conseqüentemente, de amido altamente digestível que ocorre com o amadurecimento, compensa a diminuição da digestibilidade da porção fibrosa, mantendo inalterada a digestibilidade da matéria seca (ZAGO, 1999).

A extensão da degradabilidade da proteína depende da natureza da fonte de nitrogênio alimentar e da composição da dieta basal (GANEV *et al.*, 1979; SIDDONS & PARADINE, 1981). KIRKPATRICK & KENNELLY (1987) registraram valores de degradabilidade da MS e da PB do farelo de soja, de 59,9% e 60%, respectivamente, em dieta com 16,5% de PB e 61,4% e 64,4%, em outra com 19% de PB, evidenciando que a degradabilidade da PB tendeu a aumentar com a ascensão dos níveis de proteína na ração.

2.10.2 Digestibilidade das Proporções Fibrosas

Estudos sobre o efeito da composição química da planta sobre o valor nutritivo têm mostrado que os carboidratos estruturais afetam tanto a taxa de consumo como a digestibilidade, influenciando, portanto, o desempenho animal. MERTENS (1992) e RESENDE *et al.* (1995) observaram que a fibra em detergente neutro (FDN) é o melhor indicador para a estimar o potencial de consumo dos alimentos pelos ruminantes do que a fibra bruta (FB) ou a fibra em detergente ácido (FDA).

A degradabilidade das frações fibrosas de alimentos volumosos cresce com o aumento da proporção de volumoso na dieta (CHIMWANO *et al.*, 1976). HOPSON *et al.* (1963) demonstraram que a degradabilidade da celulose varia muito nas primeiras 24 horas de incubação e que é aumentada com o uso de forragem como parte de ração, enquanto Chamberlain *et al.* (1996) mencionam que o aumento de carboidratos não estruturais, com a substituição da celulose por uma mistura de milho, representando 32% do nível da dieta, implicou em diminuição da degradação da celulose pelos microrganismos ruminais.

Em pesquisas com diferentes proporções de volumosos (90%, 60% e 30%), com carneiros fistulados, Kennedy & Bunting (1992) observaram diminuição linear da degradabilidade da fração FDN da forragem, com redução da quantidade de volumosos da dieta. Miller & Muntifering (1985), trabalhando com vacas fistuladas e dietas de zero a 50% de alimentos concentrados, juntamente com silagem de milho, observaram que as proporções mais elevadas de volumosos resultaram em aumento da atividade celulolítica da microflora do rúmen e aumento da taxa de degradação.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 ÁREA EXPERIMENTAL

As diferentes fases do trabalho foram desenvolvidas na Embrapa Amazônia Oriental, nos Laboratórios de Nutrição Animal, Solos e Ecofisiologia, e na Universidade Federal Rural da Amazônia - UFRA, no Laboratório de Nutrição Animal, em Belém, Pará (1°28' S 48°27' W de Greenwich), em tipo climático Afi, segundo Köpen, com época mais chuvosa, de janeiro a junho, e menos chuvosa, de julho a dezembro, temperatura média anual de 26°C, precipitação pluvial anual de 3.000,1 mm, umidade relativa do ar de 86% e 2.389 horas de insolação (BASTOS *et al.*, 1986).

3.1.1 Plantio e Colheita da Forrageira

O sorgo foi plantado em 0,5 hectare. Inicialmente, a área foi arada e gradeada, para destorroamento. Posteriormente, fez-se a calagem, com 1,5 t de calcáreo/ha, e uma gradagem para nivelamento do solo. Em seguida, no dia 04.06.2004, foi realizada a semeadura manual do sorgo, de duplo propósito (AG 2005-E, da Monsanto do Brasil), com adubação de 80 kg de P₂O₅/ha e 60 kg de K₂O/ha. A adubação nitrogenada (20 kg de N/ha), em cobertura, foi feita 28 dias após

a emergência das plantas. Depois de 90 dias foi realizada a colheita da forragem, que foi cortada a 15 cm do solo, triturada em máquina forrageira, ensilada e compactada, com auxílio de micro trator. No final desse procedimento, fez-se a vedação do silo. Após 90 dias de ensilagem, o material começou a ser fornecido aos animais, tendo-se o cuidado de vedar, adequadamente, o silo, após a retirada do material, visando a preservação do restante.

3.1.2 Animais Experimentais

Para estimativa do consumo e digestibilidade da silagem de sorgo, com diferentes níveis de concentrado, foram utilizados 16 ovinos deslanados, castrados e vermifugados, com idade média de cinco meses e aproximadamente 23 kg de peso vivo.

3.1.3 Tratamentos Experimentais

Os tratamentos experimentais encontram-se na Tabela 1. A silagem foi retirada diariamente do silo, misturada à ração concentrada (Tabela 2), nos diferentes tratamentos, em percentagem da MS, sendo a mistura fornecida aos animais, diariamente, as 8:30h e 16h, durante os 21 dias do ensaio. Durante a fase experimental os animais foram mantidos em gaiolas metabólicas, onde

permaneceram por um período de adaptação de 14 dias, recebendo dieta à vontade, para estabilizar o consumo, e sete dias para coleta dos dados experimentais.

Tabela 1 - Tratamentos experimentais.

Tratamento	Silagem de sorgo (% MS)	Ração concentrada (% MS)
A	100	0
B	85	15
C	70	30
D	55	45

Tabela 2 - Composição da ração experimental.

Ingrediente	%
Milho triturado	52,20
Farelo de soja	8,00
Farelo de trigo	36,20
Calcário	2,80
Farelo bicálcico	0,40
Sal comum	0,30
Premix (vitaminas e minerais)	0,10
Total	100,0

Todos os animais experimentais receberam água e mistura mineral, à vontade (Tabela 3).

Tabela 3 - Composição da mistura mineral (100 kg).

Ingrediente	Quantidade
Fosfato	80 g
Cálcio	140 g
Magnésio	78 g
Enxofre	12 g
Sódio	155 g
Zinco	4.200 mg
Cobre	300 mg
Manganês	800 mg
Ferro	1.500 mg
Cobalto	100 mg
Iodo	150 mg
Selênio	15 mg
Flúor máximo	600 mg

3.1.4 Ensaio Metabólico

A pesquisa foi realizada no galpão para ensaios metabólicos do Laboratório de Nutrição Animal, no período de 17 de janeiro a 08 de fevereiro de 2005. Antes do período experimental, os animais foram alojados em baia coletiva coberta, de cerca de 20 m², com acesso à pastagem de quicuío-da-amazônia (*Brachiaria humidicola*), recebendo, aproximadamente, 0,100 kg de farelo de trigo, água e mistura mineral à vontade. Nessa ocasião, foram observados detalhadamente os aspectos relativos a possíveis anormalidades zootécnicas e sanitárias, quando foram realizados controles de endo e ectoparasitos. Como medida profilática, utilizou-se ivermectina, na proporção de 0,5 mL/25 kg de peso vivo.

Tanto no período de adaptação, quanto no de coleta de dados, os animais foram pesados, pela manhã, a fim de possibilitar melhor distribuição nos diferentes tratamentos experimentais. Foram fornecidos os alimentos e coletadas as suas sobras, os quais foram devidamente pesados, para determinar o consumo da MS. No início e final do segundo período ou período experimental, os animais foram pesados, pela manhã.

Diariamente, os alimentos e sobras foram pesados, bem como coletadas as fezes, dos quais foram retiradas amostras para análise laboratorial, de acordo com a metodologia preconizada por Harris (1970). As amostras coletadas foram secas a 65°C, em estufa de ventilação forçada de ar, trituradas em moinho tipo Willey, e acondicionadas em sacos de plástico.

Foram realizadas as análises químicas dos teores de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), resíduo mineral fixo (RMF), proteína bruta (PB) e energia bruta (EB), segundo as marchas analíticas descritas por Silva (1992), e lignina (Lig), celulose (Cel), fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácida (FDA), segundo as recomendações de Van Soest (1991). Os teores de tanino condensado (TC) foram determinados pelo método Vanilina-HCl (PRINCE *et al.*, 1978).

3.1.5 Análise Estatística

Foi utilizado o delineamento experimental inteiramente casualizado, com quatro tratamentos e quatro repetições, de acordo com o modelo matemático $Y_{ij} = m + T_i + E_{ij}$, onde Y_{ij} = variável de resposta; m = média geral; T_i = efeito de tratamento e E_{ij} = erro experimental. Para as variáveis estudadas foi usada a análise de regressão. Todas as análises utilizaram o aplicativo Statistical Analysis System (SAS INSTITUTE INC., 1988).

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 COMPOSIÇÃO QUÍMICA DO SORGO

Os resultados das análises químicas do sorgo utilizado na elaboração da silagem se encontram na Tabela 4.

Tabela 4 - Composição química do sorgo utilizado na elaboração da silagem (%MS).

Variável	Composição
Matéria seca (%)	32,40
Matéria orgânica (%)	93,07
Resíduo mineral fixo (%)	6,93
Proteína bruta (%)	8,03
Energia bruta (kcal/kg)	4.202,11
Fibra em detergente neutro (%)	67,02
Fibra em detergente ácido (%)	42,10
Lignina (%)	4,55
Celulose (%)	37,55
Tanino condensado (%)	1,20

O sorgo utilizado na preparação da silagem experimental do presente trabalho apresentava-se em estágio farináceo, com 32,40% de MS, considerado similar ao teor indicado por Zago (1999), em torno de 30% de MS, para obtenção de silagem de sorgo de elevado valor nutritivo. Os teores de 93,07% e 6,93% de MO e RMF, neste trabalho, são considerados como adequados para o processo de ensilagem da

ferragem. Cabral Filho (2004) registrou valores de 95% de MO e de 0,5% de RMF, para o sorgo colhido 90 dias após o plantio.

O teor de PB do sorgo, de 8,03%, está dentro da faixa considerada ideal para ser ensilado. Pois, segundo Pedreira *et al.* (2003), os teores de PB podem variar entre 6,5% e 9%. O valor de 4.202 de kcal/kg de EB/MS do sorgo foi semelhante (3.990 kcal/kg de MS) ao determinado por Zago (1997).

As frações FDN, de FDA, de Lig, de Cel e de TC foram de 67,02%, 42,10%, 4,60%, 37,55% e 1,2%, respectivamente. Valores semelhantes foram obtidos por Cabral Filho (2004) e Pedreira *et al.* (2003).

4.2 VALOR NUTRITIVO DA SILAGEM

4.2.1 Composição Química

A composição química da dieta experimental encontra-se na Tabela 5.

Tabela 5 - Composição química dos tratamentos experimentais, com quatro níveis de concentrado (0, 15, 30 e 45%) na silagem de sorgo.

Variável	0%	15%	30%	45%
MS (%)	34,76d	38,79c	43,18b	45,10a
Matéria orgânica (%)	93,54d	93,64c	94,22b	94,62a
Resíduo mineral fixo (%)	6,46a	6,36b	5,78c	5,38d
Proteína bruta (%)	7,61d	9,20c	14,63b	20,12a
Energia bruta (kcal/kg)	4.150,21d	4.513,40c	4.620,00b	4.850,00a
Fibra em detergente neutro (%)	66,30a	53,31b	48,74c	45,39d
Fibra em detergente ácido (%)	40,14a	31,96b	29,12c	24,63d
Lignina (%)	4,43a	3,86b	3,02c	2,28d
Celulose (%)	35,71a	28,10b	26,10b	22,35c
Tanino condensado (%)	1,08a	0,96b	0,75c	0,65d

Médias seguidas da mesma letra na horizontal não diferem estatisticamente, pelo teste de Duncan (0,05).

Nota-se (Tabela 5) que houve diferença significativa ($P < 0,05$) entre os tratamentos para os teores de MS, MO, RMF, PB, FDN, FDA, Lig, Cel e TC. Sendo que, os teores de MS, MO e PB aumentaram com a inclusão do concentrado nas dietas experimentais.

4.2.1.1 Matéria Seca

A participação do concentrado na silagem de sorgo, na ordem de 15%, 30% e 45%, proporcionou elevações significativas (11,6%, 24,2% e 29,8%) na MS das dietas experimentais. CARDOSO *et al.* (2006), incluindo 24,2%, 38,4%, 53% e 67%

de ração concentrada, não observaram variações significativas nos teores de MS da dieta, com a elevação de concentrado.

O teor de MS da silagem (Tabela 5) foi de 34,76%. Este valor é considerado elevado e acima de alguns observados na literatura, que pode ser justificado pelo estágio vegetativo, no momento da colheita do sorgo, que foi realizada no final do estágio farináceo. Martins *et al.* (2003a) observaram níveis variando de 24,86% e 29,74%, em silagens elaboradas com determinados híbridos de sorgo, embora em outros híbridos os teores de MS tenham alcançado 35,76%.

4.2.1.2 Matéria Orgânica e Resíduo Mineral Fixo

Observou-se ligeira elevação da matéria orgânica, de 93,54% para 94,62%, com elevação do nível de concentrado na dieta, valores similares aos de FEIJÓ *et al.* (1996), CARDOSO *et al.* (2006) e PEREIRA (2006). A concentração de matéria orgânica determinada na silagem de sorgo, de 93,54%, e pouco inferior à 95,22% ao obtido por (PEREIRA, 2006), e semelhante às determinadas por Dias *et al.* (2001), em silagem elaborada com sorgo nos estádios leitoso (92,22%) e de emborrachamento (94,77%).

4.2.1.3 Proteína Bruta

Foram observados aumentos significativos ($P < 0,05$) de 20,9%, 92,25%, e 164,40%, nos teores de PB com a elevação dos níveis de concentrado adicionado na silagem de sorgo, respectivamente, com 15%, 30% e 45%, em relação à matéria seca. Resultados similares foram encontrados por FEIJÓ *et al.* (1996) e CARDOSO *et al.* (2006).

O teor de PB na silagem de sorgo (7,61%) deste trabalho, aos 90 dias de ensilado, foi semelhante (7,7%) aos obtidos por PESCE *et al.* (2000), para o mesmo cultivar, e superior aos de algumas cultivares estudadas por Souza *et al.* (2003). Martins *et al.* (2003a) observaram teores de PB, na ordem de 7,0% e 8,0%, e Pesce *et al.* (2000), na ordem de 8,0% a 9,5%, respectivamente. Essas variações podem ser explicadas, tanto pela variedade, quanto pelo estágio fisiológico e, também, altura de corte da planta (MOLINA *et al.*, 2002).

O teor de PB da silagem de sorgo do presente trabalho alcançou valor superior aos considerados como críticos, abaixo dos quais a ingestão voluntária é reduzida pela deficiência de nitrogênio. De acordo com Minson & Milford (1967), a faixa crítica está entre 6,0% e 8,5%, o que significa afirmar que apenas o fornecimento de silagem de sorgo, com 7,6% de PB, atende as demandas nutricionais de manutenção desse nutriente para ruminantes.

4.2.1.4 Energia Bruta

Como se era esperado, a adição de 15%, 30% e 45% de concentrado na silagem de sorgo, neste trabalho, aumentou a percentagem de energia bruta em 8,8, 11,32 e 17,0, respectivamente. O teor de 4.150,21 kcal de EB/kg de MS foi semelhante aos mencionados por MARTINS *et al.* (2003a), de 4.142 e 4.211 kcal/kg de MS, trabalhando com diferentes cultivares.

4.2.1.5 Fibra em Detergente Neutro

O aumento nos níveis de concentrado de 15%, 30% e 45% na ração levou ao decréscimo da FDN na ordem de 24,4%, 36,0% e 46,1%, respectivamente. A percentagem de FDN (66,30%) na MS da silagem foi similar às mencionadas por Cândido *et al.* (1999) e Pereira (2006), entre 61,5% e 69,5%, entretanto, foi superior ao valor de 60%, considerado por Van Soest (1994), como responsável pela redução de consumo e digestibilidade. De acordo com o NRC (1989), a percentagem ideal de FDN dietética deve estar entre 25% e 35%.

4.2.1.6 Fibra em Detergente Ácido

A adição de concentrado na dieta, na ordem de 15%, 30% e 45%, reduziu em 25,6%, 37,84% e 63% a percentagem da FDA, semelhante tendência foi observada por Cardoso *et al.* (2006), em Santa Maria, Rio Grande do Sul, cuja redução foi em torno de 25%, 45,13% e 73,23%, com adição de 24,2%, 38,4% e 53% de concentrado na silagem de sorgo.

O teor de FDA na silagem de sorgo (Tabela 5) foi próximo aos registrados por Martins *et al.* (2003b) e Pereira (2006). A produção animal está intimamente ligada com o consumo de MS digestível (Mertens, 1992). Esse consumo pode ser estimado com base na composição química da forragem. Forrageiras com valor de FDA, em torno de 30%, ou menor, serão consumidos em altos níveis, ao contrário daquelas com teores superiores a 40%. Nota-se que no presente trabalho (Tabela 5) os teores de FDA estão dentro dos limites recomendados pela literatura.

4.2.1.7 Celulose

Foram observadas reduções significativas, na ordem de 27,10%, 36,82% e 60%, na percentagem de celulose, com a elevação dos níveis de concentrado de 15%, 30% e 45% (Tabela 5). A percentagem de celulose observada no presente trabalho (35,71%) foi superior aos valores registrados por Neumann *et al.* (2002), trabalhando com outros cultivares (28,61%). De acordo com os trabalhos de Martins

et al. (2003b), teores de celulose, em torno de 35%, na silagem de sorgo, possibilitam melhores taxas de consumo e digestibilidade das frações fibrosas.

4.2.1.8 Lignina

Os teores de lignina foram reduzidos, na ordem de 14,77%, 46,70% e 94,30%, com adição de 15%, 30% e 45% de concentrado na dieta, respectivamente. O teor de lignina da silagem, de 4,43%, foi inferior a 9%, determinado por Pereira (2006), e semelhante aos observados por Neumann *et al.* (2002), trabalhando com o mesmo cultivar.

Níveis inferiores a 7,3% de lignina na silagem de sorgo favorecem a elevação do consumo e digestibilidade das frações fibrosas (MARTINS *et al.*, 2003b), entretanto, outros fatores, além do teor de lignina, como seu arranjo e seus precursores com os demais componentes da parede celular, podem ser responsáveis por boa parte das limitações na digestibilidade das forragens (FERREIRA, 2003).

4.2.1.9 Tanino Condensado

Observa-se (Tabela 5) que a adição de concentrado na dieta, na ordem de 15%, 30% e 45%, promoveu reduções de 12,5%, 44,0%, 66,2%, nos teores de TC.

O teor de 1,07% de tanino condensado, na silagem de sorgo, é classificado como médio a baixo (CABRAL FILHO, 2004). Para Mc Donald *et al.* (1995), valores inferiores a 1% não afetam o consumo e digestibilidade MS e PB, devido a formação de complexos com as proteínas dietéticas e mucosa digestiva, aumentando a perda endógena desse nutriente (MC NEIH *et al.*, 1998).

4.2.1.10 Equações de Regressão

Nas Figuras 1, 2 e 3 estão ilustradas as equações de regressão para estimar os teores de proteína bruta (%), energia bruta (kcal/kg), fibra detergente neutro (%), fibra detergente ácida (%), lignina (%), celulose (%) e tanino condensado (%), em função do nível de concentrado na dieta experimental.

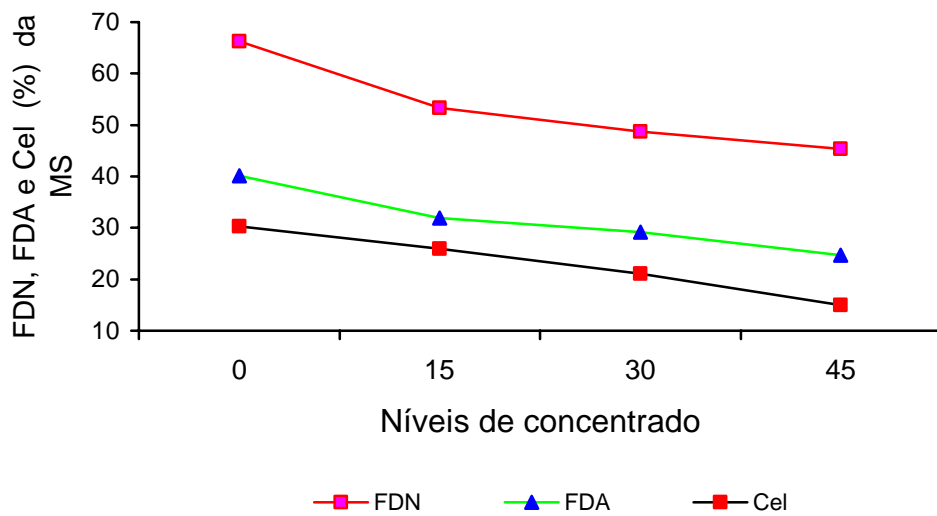


Figura 1 - Regressões para estimar os teores fibra detergente neutro (% FDN), fibra detergente ácida (% FDA) e celulose (% Cel.), em função do nível de concentrado na dieta experimental. X = Nível de concentrado na dieta.

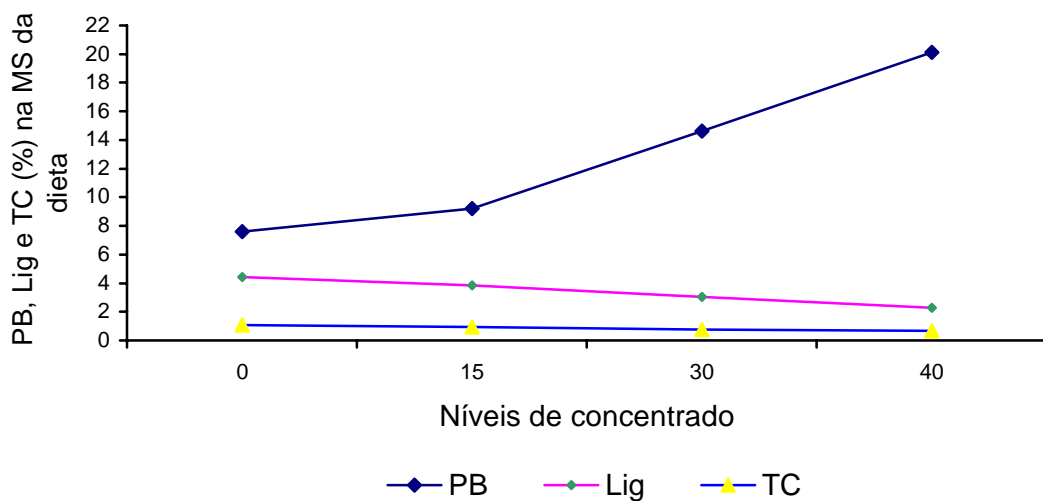


Figura 2 - Regressões para estimar os teores de proteína bruta (% PB), lignina (% Lig.) e tanino condensado (% TC), em função do nível de concentrado na dieta experimental. X = Nível de concentrado na dieta.

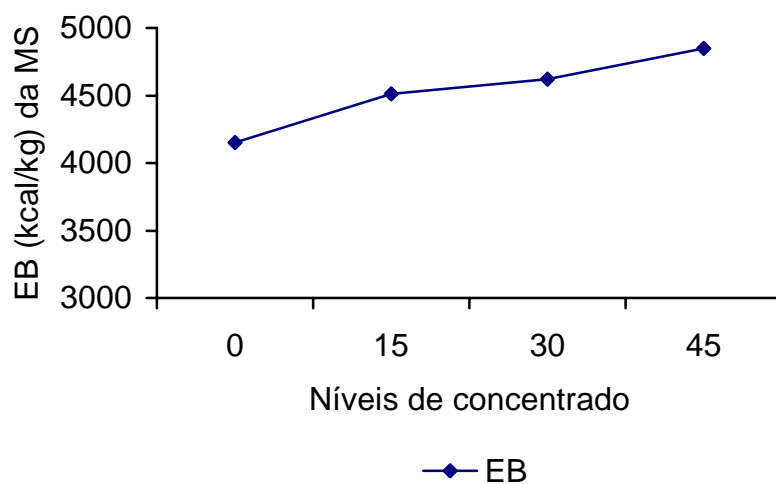


Figura 3 - Regressões para estimar o teor de energia bruta (% EB), em função do nível de concentrado na dieta experimental. X = Nível de concentrado na dieta.

4.3 CONSUMO E DIGESTIBILIDADE

4.3.1 Consumo da Matéria Seca e Orgânica

Os consumo de MS, em g/dia e em % do PV/dia, bem como o consumo de MO, em g/dia, encontram-se na Tabela 6.

Tabela 6 - Consumos diários de matéria seca, em g e % do PV/dia, e de matéria orgânica, em g/dia, na dieta experimental.

	Nível de concentrado (% de MS) na silagem de sorgo			
	0	15	30	45
g de MS	591,79d	709,60c	781,56b	798,03a
% do PV em MS	2,60d	3,00c	3,30b	3,36a
g de MO	553,60d	664,47c	735,86b	755,10a

Médias seguidas da mesma letra na horizontal não diferem estatisticamente, de acordo com o teste de Duncan (0,05).

Os consumos da MS (Tabela 6), apresentam o mesmo comportamento dos observados por Cardoso *et al.* (2006), de 765 g/dia, 773 g/dia e 954 g/dia, utilizando 24,4%, 38,00%, 52,70% de concentrado. Porém, superiores, em percentuais, aos obtidos por Pereira (2006) (2,10%, 2,25% e 2,45%), utilizando 20%, 35% e 50% de concentrado; e por Moreira *et al.* (2001), de 1,7%, usando apenas silagem de sorgo.

Os resultados deste trabalho podem ser considerados satisfatórios, na silagem com e sem concentrado, pois de acordo com NRC (1989), em condições tropicais, os ovinos e caprinos de corte consomem entre 1,5% a 3% do PV/dia de MS. Os consumos de matéria orgânica (Tabela 6) apresentaram similar tendência aos do consumo de matéria seca, na silagem de sorgo, com adição de 15%, 30% e 45% de concentrado na dieta experimental.

4.3.1.1 Equações de Regressão

Nas Figuras 4, 5 e 6 estão ilustradas as regressões para estimar os consumos de matéria (CMS), em g de MS/dia e % PV/dia, e o consumo da matéria orgânica (CMO), em g/dia, em função do nível de concentrado na dieta experimental.

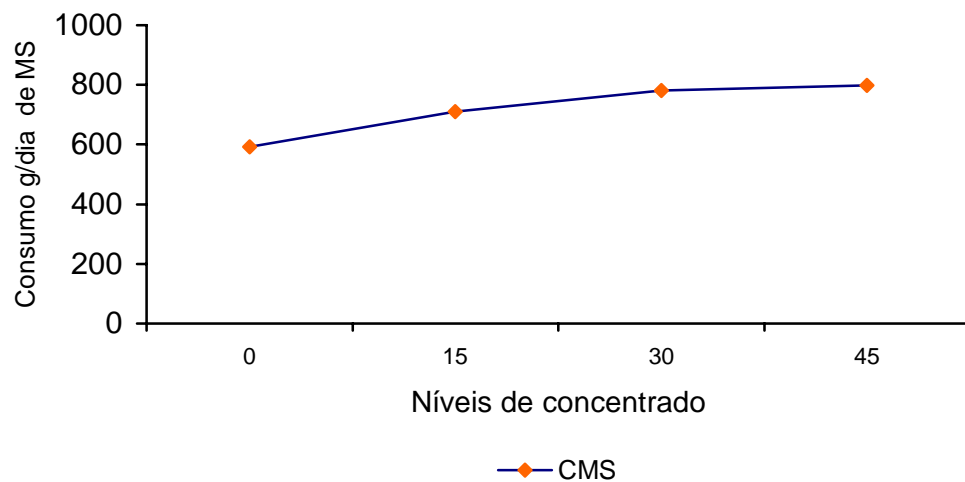


Figura 4 - Regressão para estimar o consumo de matéria seca (CMS) g/dia, em função do nível de concentrado na dieta experimental. X = Nível de concentrado na dieta.

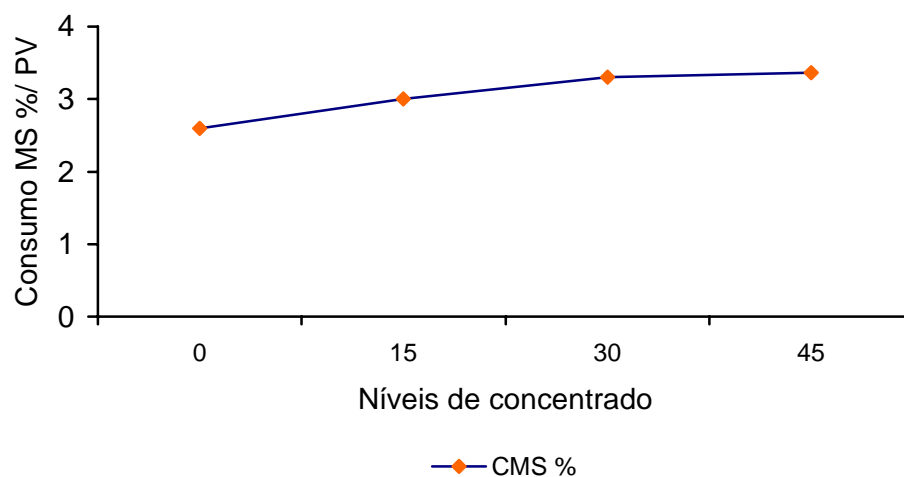


Figura 5 - Regressão para estimar o consumo de matéria seca (CMS) % PV, em função do nível de concentrado na dieta experimental. X = Nível de concentrado na dieta.

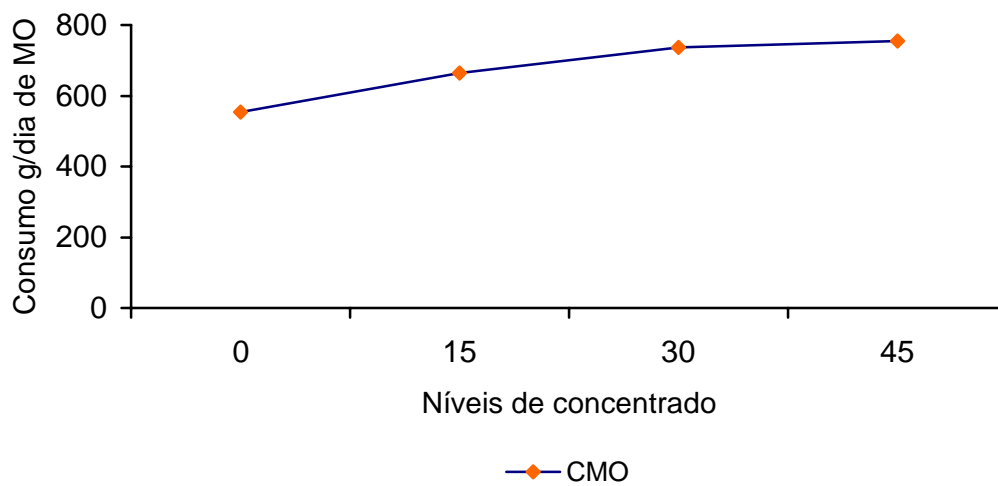


Figura 6 - Regressão para estimar o consumo de matéria orgânica (CMO) g/dia, em função do nível de concentrado na dieta experimental. X = Nível de concentrado na dieta.

Os consumos de matéria seca (CMS), expressos em g/dia e % do PV/dia, apresentaram efeito quadrático, em função dos níveis de concentrado na dieta. De forma semelhante, Vêras *et al.* (2000), Costa *et al.* (2005), Silva *et al.*, (1999) e Ítavo *et al.* (2002) encontraram efeito quadrático para o CMS, expresso em g/dia, com máximos de 45,9% e 55% de concentrado na ração.

Por outro lado, Dias *et al.* (2000) e Souza *et al.* (2002) citam repostas lineares crescentes para o CMS, enquanto Strack *et al.* (2001) não observaram aumento no consumo de MS, em função dos níveis de concentrado na ração. Essas divergências permitem concluir que o consumo de MS é variável e pode ser afetado por diversos fatores, dentre os quais se destacam o estágio vegetativo do sorgo e, conseqüentemente, a qualidade da silagem, além do concentrado utilizado. Também, condições nutricionais, fisiológicas e sanitárias do animal e do ambiente físico exercem influência.

4.3.2 Digestibilidade da Matéria Seca e Orgânica

Na Tabela 7 podem ser observados os níveis de digestibilidade da matéria seca (% DMS) e matéria orgânica (% DMO), em função do nível de concentrado na dieta experimental.

Tabela 7. Digestibilidade da matéria seca e da matéria orgânica, em função do nível de concentrado na dieta experimental.

	Nível de concentrado (MS%) na silagem de sorgo			
	0	15	30	45
Digestibilidade MS (%)	48,32d	61,96c	68,12b	69,77a
Digestibilidade MO (%)	50,03d	62,22c	69,12b	70,50a

*Significativo, em nível de 0,05 de probabilidade, de acordo com o teste de Duncan.

A adição de 15%, 30% e 45% de concentrado na dieta, elevou a digestibilidade da MS (DMS), em 62%, 68,1% e 70%, respectivamente, da mesma forma Silva *et al.* (1999) registraram valores de 65,5%, 68,96% e 72,5%, utilizando dieta a base de 20%, 35% e 50% de concentrado, associado a silagem de sorgo.

O valor da DMS da silagem (48,32%) foi semelhante (50% e 52,2%) aos valores obtidos por Martins *et al.* (2003a), embora esse autor tenha determinado nível de digestibilidade de até 61,8%. No entanto, Pascoal *et al.* (2001) e Pereira (2006) não observaram diferenças significativas na DMS (58% e 64%) e na digestibilidade da matéria orgânica (DMO) (59% e 65%), utilizando 30%, 50% e 70% e 25%, 30% e 50% de concentrado na silagem de sorgo, respectivamente. Rode *et al.* (1985) e Van Soest (1994) justificam a elevação na DMS e na DMO, com a adição de concentrado na ração, devido a elevação de carboidratos não-estruturais, que são mais digestíveis em relação aos estruturais.

4.3.2.1 Equações de Regressões

Na Figura 7 estão apresentadas as equações de regressão para estimar a digestibilidade da matéria seca (DMS) e da matéria orgânica (DMO), em função do nível de concentrado na dieta experimental.

As equações de digestibilidade da MS deste trabalho estão de acordo com as determinadas por Gonçalves *et al.* (1991), Berchielli (1994), Araújo *et al.* (1998), Bürger *et al.* (2000), Cardoso *et al.* (2000) e Dias *et al.* (2000), os quais relatam que a digestibilidade da silagem se eleva linearmente, com maiores níveis de concentrado na dieta.

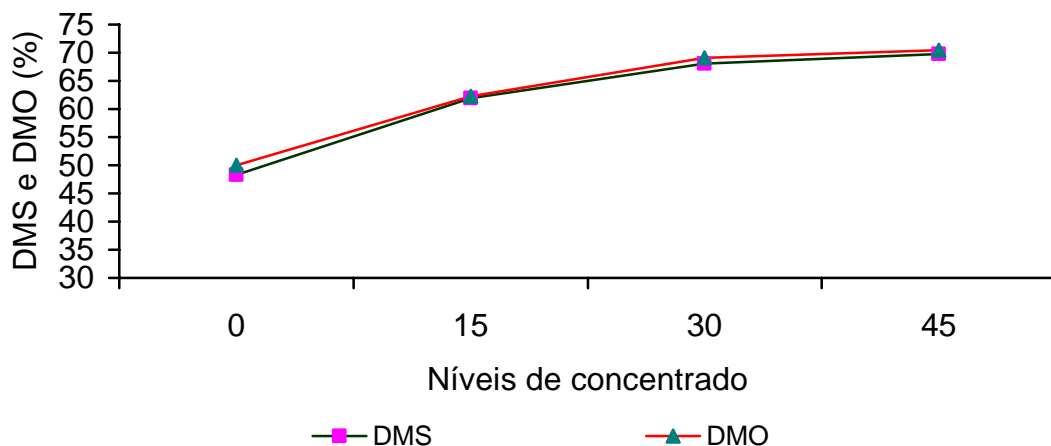


Figura 7 - Regressões para estimar a digestibilidade da matéria seca (%) e da matéria orgânica (%), em função do nível de concentrado na dieta experimental. X = Nível de concentrado na dieta.

4.3.3 Consumo e Digestibilidade da Proteína Bruta

O consumo de proteína bruta (CPB), em g/dia, e a digestibilidade da proteína bruta (%), em função do nível de concentrado da dieta experimental se encontra na Tabela 8.

Tabela 8 - Consumo de proteína bruta (CPB), em g/dia, e digestibilidade da proteína bruta (DPB), em função do nível de concentrado da dieta experimental.

	Nível de concentrado (MS%) na silagem de sorgo			
	0	15	30	45
CPB (g/dia)	44,48d	64,87c	119,00b	170,00a
DPB (%)	37,41d	44,62c	74,12b	82,50a

Médias seguidas da mesma letra, na horizontal, não diferem estatisticamente, de acordo com o teste de Duncan (0,05).

O CPB das dietas experimentais apresenta efeito quadrático (45,84%, 167,55% e 182,20%), na medida em que foram aumentados os níveis de concentrado nas dietas, de 15% para 45%. O CPB da silagem de sorgo, 44,48 g/dia, foi inferior aos determinados por Martins *et al.* (2003a), 47, 57,6 e 66,40 g/animal/dia, e abaixo das necessidades de PB para ovinos, de 20 kg, em crescimento (NRC, 1985).

Os consumos mais baixos de PB foram para os tratamentos com 0% e 15% de concentrado, respectivamente (Tabela 8), o que pode ser explicado pelo menor teor na matéria seca dessas dietas, em decorrência da maior proporção de silagem.

Aumentos da participação de grãos na dieta elevam o consumo, devido a maior densidade física do alimento, da diminuição do tamanho das partículas e dos reflexos na velocidade de passagem (OWENS & GOETSCH, 1993). Cardoso *et al.* (2006), avaliando níveis de concentrado em dietas à base de silagem de sorgo (24,4%, 38,00%, 52,70% e 67,00%), fornecidas a ovinos, verificaram que o aumento do concentrado na dieta elevou o consumo da PB, em 11,30% e 42,61%, contudo, quando passou de 52,70% para 67%, de concentrado na ração, houve redução de 5,13% no consumo.

A resposta ao consumo de proteína, em dietas à base de silagem suplementadas com concentrado é muito variável, em razão do padrão de fermentação da forragem ensilada, do concentrado utilizado e do animal. Segundo Silva *et al.* (2000), essas variações constituem exemplos típicos de taxa de substituição, quando silagens de gramíneas de alta digestibilidade são suplementadas com concentrado.

Os níveis de DPB apresentaram crescimento quadrático, em 20,30%, 98,13% e 120,53%, com a utilização de 15%, 30% e 45% de concentrado na dieta, respectivamente. No entanto, Pereira (2006) não observou diferenças significativas na DPB, utilizando 20%, 35%, 50% e 65% de concentrado. A digestibilidade na silagem de sorgo do presente trabalho (37,4%) foi pouco superior à determinada (32,7%) por Martins *et al.* (2003a).

4.3.3.1 Equações de Regressões

As equações de regressão do consumo da proteína bruta (CPB), em g/dia, e da digestibilidade da proteína bruta (%), em função do nível de concentrado nas dietas experimentais se encontram nas Figuras 8 e 9.

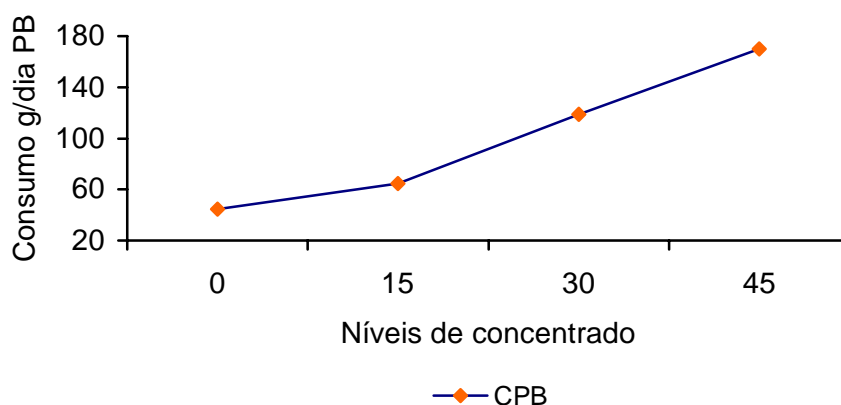


Figura 8 - Regressão para estimar o consumo proteína bruta g/dia, em função do nível de concentrado das dietas experimentais. X = Nível de concentrado na dieta.

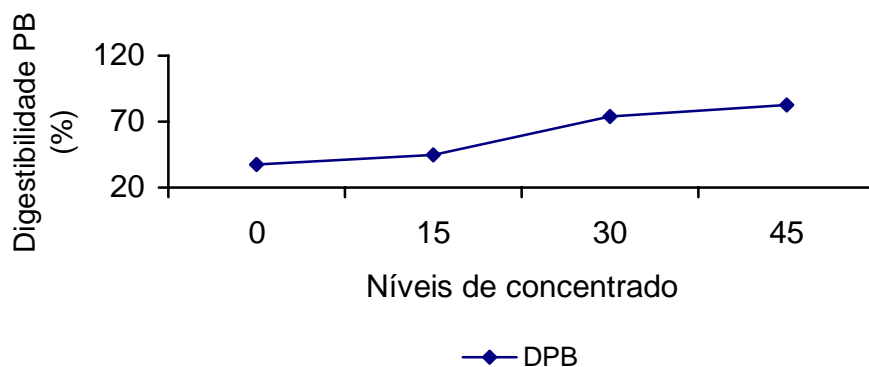


Figura 9 - Regressão para estimar a digestibilidade da proteína bruta (DPB), em função do nível de concentrado nas dietas experimentais. X = Nível de concentrado na dieta.

4.3.4 Consumo e Digestibilidade da Energia Bruta

Os valores de consumo da energia bruta (CEB), em kcal/dia, e da digestibilidade da energia bruta (DEB), em função do nível de concentrado na dieta encontram-se na Tabela 9.

Tabela 9 - Consumo de energia bruta (CEB), em kcal/dia, e digestibilidade da energia bruta (DEB), em função do nível de concentrado na dieta experimental.

	Nível de concentrado (MS%) na silagem de sorgo			
	0	15	30	45
Consumo energia bruta (kcal)	2.474,77d	3.122,80c	3.390,16b	3.767,69a
Digestibilidade energia bruta (%)	52,54d	61,53c	66,70b	68,27a

Médias seguidas da mesma letra na vertical não diferem estatisticamente, de acordo com o teste de Duncan (0,05).

A adição de 15%, 30% e 45% de concentrado, na dieta, promoveu elevação de 27%, 50,7% e 66% no CEB. Cardoso *et al* (2006) não observaram diferença no CEB, quando elevou a percentagem de concentrado na dieta, até 38%, mas notaram elevação de 120% e 135%, quando o nível de concentrado na silagem de sorgo se elevou de 52,7% para 67%. Para Martins *et al.* (2003a), a elevação no CEB nas dietas é proporcionada pelo aumento de energia nos concentrados utilizados. O CEB no presente trabalho (2.474,77 kcal/dia), para a silagem de sorgo, foi similar ao observado por Martins *et al.* (2003a). Porém, acima do recomendado pelo NRC (1989), para ovinos com 25 kg de PV.

A elevação do coeficiente de digestibilidade da energia ocorre tanto em relação ao consumo, devido à diluição do efeito da gordura metabólica fecal, como, também, pelas características da energia no alimento, causando diferentes efeitos na sua digestibilidade (COPPOCK, 1987). O valor da DEB observada para a silagem de sorgo (52,54%), encontrada no presente trabalho, está próximo aos valores (47,27% e 59,20%) registrados por Martins *et al.* (2003a).

Essas variações podem ser abordadas sob diferentes aspectos, tais como alterações na fisiologia da digestão, alterações digestivas, velocidade de passagem, nível de consumo, alterações de pH, enfim, fatores que possam afetar a dinâmica ruminal, modificando a efetividade da fermentação e a utilização da energia da dieta, fatores esses que não foram avaliados no presente trabalho.

4.3.4.1 Equações de Regressões

Nas Figuras 10 e 11 encontram-se as regressões para estimar o consumo de energia bruta (CEB), em kcal/dia, e a digestibilidade da energia bruta (DEB), em função do nível de concentrado da dieta experimental.

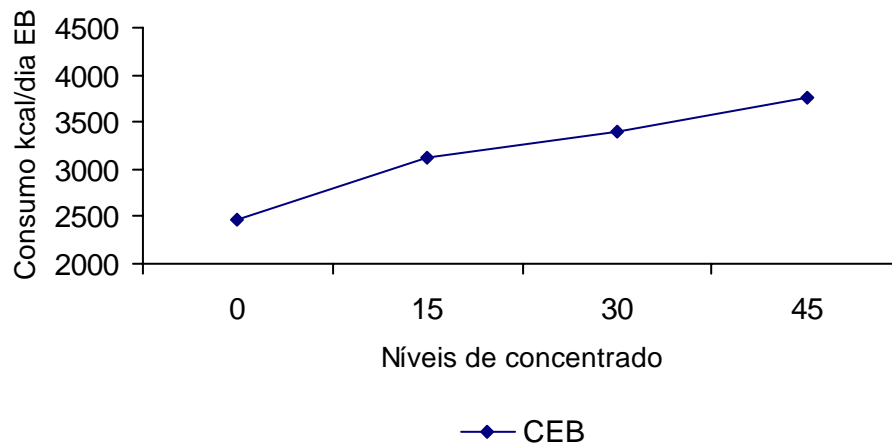


Figura 10 - Regressão para estimar o consumo energia bruta (CEB), em kcal/dia, em função do nível de concentrado da dieta experimental. X = Nível de concentrado na dieta.

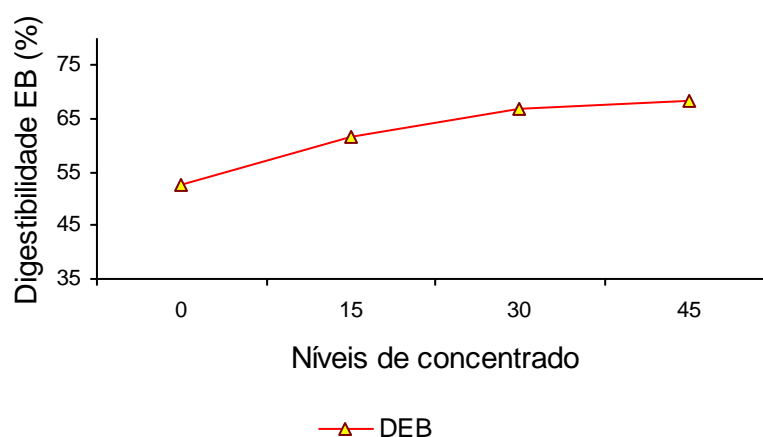


Figura 11 - Regressão para estimar digestibilidade da energia bruta (DEB), em função do nível de concentrado da dieta experimental. X = Nível de concentrado na dieta.

4.3.5 Consumo das Porções Fibrosas (FDN e FDA)

Na Tabela 10 estão os valores de consumo da fibra detergente neutro (CFDN) e fibra detergente ácida (CFDA), em g/dia, em função do nível de concentrado na dieta.

Tabela 10. Consumo da fibra em detergente neutro (CFDN), em g/dia, e da fibra em detergente ácido (CFDA) g/dia, em função do nível de concentrado na dieta.

	Nível de concentrado (%MS)			
	0	15	30	45
CFDN (g/dia)	413,20a	377,62b	365,30c	345,40d
CFDA (g/dia)	242,38a	220,05b	204,91c	190,18d

Médias seguidas da mesma letra na horizontal não diferem, de acordo com o teste de Duncan (0,05).

A adição de 15%, 30% e 45% de concentrado na dieta experimental reduziu o consumo da CFDN, na ordem de 9,42%, 13,11% e 19,63%, e o CFDA, na ordem de 10,15%, 18,30% e 27,45%. Os consumos de FDN e FDA foram semelhantes nas diferentes dietas, equilibrado pelo aumento do consumo de matéria seca, com teores decrescentes de FDN (66,3% para 45,4%) e de FDA (40,14% para 24,63%), com incremento do concentrado. O consumo da FDN e da FDA, na silagem de sorgo, foi de 413,20 g/dia e 242,38 g/dia, porém, abaixo dos mencionados por Martins *et al.* (2003b).

Embora Rodrigues *et al.* (2001) não tenham verificado efeitos de níveis de concentrado sobre consumo do FDN e da FDA, Silva *et al.* (1999) e Pereira (2006) observaram decréscimos no consumo dessas frações fibrosas, com o incremento do concentrado na dieta. Essas diferentes respostas podem ser atribuídas às variações na proporção volumoso:concentrado, tipo de volumoso e fontes e formas de grãos no concentrado.

4.3.5.1 Equações de Regressão

Na Figura 12 encontram-se as regressões para estimar o consumo da fibra detergente neutro (g/dia) e o consumo de fibra em detergente ácido (g/dia), em função do nível de concentrado na dieta.

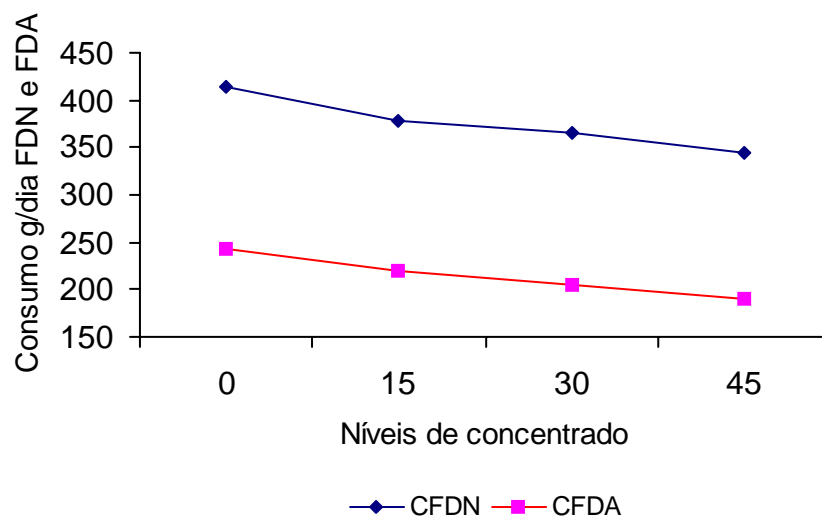


Figura 12 - Regressões para estimar o consumo da fibra detergente neutro e fibra detergente ácida (g/dia), em função do nível de concentrado na dieta experimental. X = Nível de concentrado na dieta.

4.3.6 Digestibilidade das Porções Fibrosas (FDN e FDA)

Na Tabela 11 estão os coeficientes da digestibilidade da fibra em detergente neutro (DFDN) e fibra em detergente ácido (DFDA), em função do nível de concentrado.

Tabela 11 - Digestibilidade da fibra detergente neutro (DFDN) e da fibra detergente ácida (DFDA), em função do nível de concentrado da dieta.

Variável	Nível de concentrado (%MS)			
	0	15	30	45
DFDN (%)	56,68a	46,94b	39,53c	31,94d
DFDA (%)	47,02a	42,62b	34,84c	31,14d

Médias seguidas da mesma letra na horizontal não diferem, de acordo com o teste de Duncan (0,05).

A adição de 15%, 30% e 45% de concentrado na dieta reduziu os índices de DFDN, na ordem de 20,76%, 43,38% e 83,20%, e de 10,32%, 34,96% e 51%, de DFDA. Esses valores foram inferiores aos de Pereira (2006), trabalhando com silagem de sorgo. Os índices de DFDN e da DFDA (56,68% e 47,02%), na silagem de sorgo, foram superiores aos valores observados por Martins *et al.* (2003b), trabalhando com diferentes cultivares de sorgo. A redução na digestibilidade da FDN e da FDA deve-se a diminuição dos seus teores na MS e elevação dos carboidratos solúveis, reduzindo os microrganismos celulolíticos no rúmen (ZAGO, 1991).

4.3.6.1 Equações de Regressão

Na Figura 13 estão as regressões para estimar a DFDN e da DFDA em função do nível de concentrado na dieta.

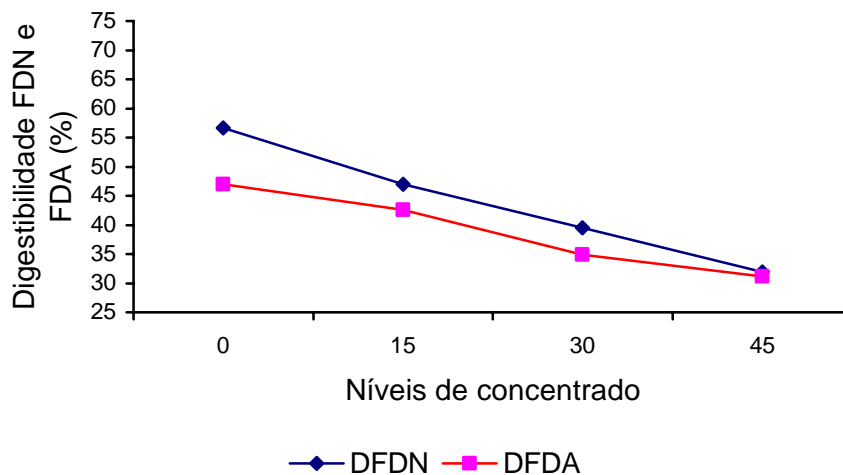


Figura 13 - Regressões para estimar a digestibilidade da fibra em detergente neutro (DFDN) e a digestibilidade da fibra em detergente ácido (DFDA), em função do nível de concentrado. X = Nível de concentrado na dieta.

As regressões da DFDN ($y = 56,51 - 0,62x + 0,0012x^2$, $r^2 = 0,99$), da DFDA ($y = 47,39 - 0,404x + 0,007x^2$, $r^2 = 0,97$) apresentam comportamentos quadráticos, com correlação negativa entre as digestibilidades das duas frações fibrosas e nível de concentrado. Noguera (2000) observou correlações negativas entre DIVMS e FDN ($r = -0,68$; $P < 0,01$) e FDA ($r = -0,66$; $P < 0,01$), valores inferiores aos deste trabalho. Bueno *et al.* (2004) justificam que baixos níveis de DFDN, da DFDA e da celulose decorrem do elevado teor de lignina na MS. Para Henrique *et al.* (1998) e Valdez *et al.* (1988), esse fato se deve ao baixo teor de hemicelulose. Com base nessas observações a redução nos valores da DFDN e DFDA, encontradas no presente trabalho, pode ser explicada pela baixa qualidade da fração fibrosa da silagem de sorgo, com aumento nos níveis de concentrado.

4.3.7 Correlações entre as Variáveis de Respostas

Os coeficientes de correlação (r) entre as variáveis estudadas estão na Tabela 12.

Tabela 12. Coeficientes de correlação (r) entre as variáveis de resposta estudadas.

Variável	PB	EB	FDN	FDA	Lig	TC	Cel
CMS	0,98*	0,96*	-0,98*	-0,97*	-0,94*	-0,93*	-0,96*
DMS	0,94*	0,96*	0,99*	-0,97*	-0,91*	0,89*	-0,96*
CPB	0,99*	0,97*	-0,94*	-0,95*	-0,97*	-0,96*	-0,95*
DPB	0,93*	0,78*	-0,77*	-0,79*	-0,91*	-0,91*	-0,21
CEB	0,98*	0,99*	-0,97*	-0,98*	-0,98*	-0,95*	-0,97*
DEB	0,96*	0,98*	-0,99	-0,96*	-0,93*	-0,92*	-0,21
CFDN	-0,95*	-0,87*	0,95*	0,94*	0,89*	0,90*	0,90*
CFDA	-0,97*	-0,95*	0,96*	0,97*	0,96*	0,93*	0,96*
DFDN	-0,96*	0,92*	0,93*	0,96*	0,97*	0,92*	0,25
DFDA	-0,92*	0,96*	0,89*	0,93*	0,98*	0,96*	0,24

PB - Proteína bruta, EB - Energia bruta, FDN - Fibra detergente neutro, FDA - Fibra detergente ácido, Lig: - Lignina, TC - Tanino condensado e Cel - Celulose. *Significativo, em nível de 0,05 de probabilidade, de acordo com o teste de Duncan.

Essas correlações demonstram interdependência entre variáveis do valor nutritivo da silagem de sorgo com níveis de concentrado. O aumento no valor

nutritivo com adição de concentrado observado no presente trabalho, também, foi verificado por Cardoso *et al.* (2006), em pesquisa com silagem de sorgo.

4.3.8 Equação de Predição das Variáveis

As equações de predição das variáveis CMS, DMS, CPB, DPB, CEB, DEB, CFDN, DFN, CFDA e DFDA, em função das variáveis estudadas, são apresentadas na Tabela 13.

Tabela 13 - Equações de predição do CMS, DMS, CPB, DPB, CEB, DEB, CFDN, DFN, CFDA e DFDA, em função das variáveis estudadas.

Variável	Equação	r ²
CMS	$CMS = 3,44 + 0,070PB - 0,0206FDN$	0,99
DMS	$DMS = 87,00 + 1,634PB - 1,006FDN + 3,52Lig$	0,99
CPB	$CPB = -20,8 + 10,72PB - 0,242FDN$	0,99
DPB	$DPB = -523,26 + 4,86PB + 0,07EB + 2,19FDN + 2,17Cel$	0,98
CEB	$CEB = -443,85 + 1,04EB - 35,312FDA$	0,99
DEB	$DEB = -48,07 + 0,024EB - 0,334FDN + 0,712Cel$	0,99
CFDN	$CFDN = 420,33 - 0,03EB + 1,72FDN$	0,92
DFDN	$DFDN = -77,91 + 0,012EB + 0,87FDA + 1,64Cel$	0,96
CFDA	$CFDA = 276,07 - 0,0245EB + 1,70FDA$	0,96
DFDA	$DFDA = 107,04 - 0,014EB - 0,55FDA + 4,986Lig$	0,97

MS - Matéria seca, PB - Proteína bruta, EB - Energia bruta, FDN - Fibra detergente neutro e FDA - Fibra detergente ácida. *Significativo, em nível de 0,05 de probabilidade, de acordo com o teste de Duncan.

5 CONCLUSÕES

O sorgo utilizado para elaboração de silagem possui potencial produtivo, com elevada disponibilidade de matéria seca e bom valor nutritivo, constituindo-se em alternativa para ser conservado e utilizado como suplemento alimentar nos sistemas de produção de ruminantes, principalmente em períodos críticos de forragem, contribuindo para manter bons níveis nutricionais e elevar o desempenho animal.

A utilização de concentrado na silagem de sorgo proporcionou maior disponibilidade de matéria seca na forragem e elevação do valor nutritivo da ração.

Níveis entre 30% a 45% de concentrado possibilitam maior consumo e digestibilidade de MS, da MO, da PB e da EB.

REFERÊNCIAS

AGUIAR, L. M.; GUIMARÃES, D. P. **Clima**. Belo Horizonte : Embrapa, 2000. Disponível em: <<http://www.cnpms.embrapa.br/publicações/sorgo/ autores.htm/>>. Acesso em: 20 mar. 2006.

ANDRADE, J. B.; CARVALHO, D. D. Estádio de maturação na produção e qualidade da silagem de sorgo. II - Digestibilidade e consumo da silagem. **Boletim da Indústria Animal**, Viçosa, v. 49, n. 2, p. 101-106, jul. 1992.

ANDRIGUETTO, J. M. et. al. **Nutrição animal**. São Paulo : Nobel, 1985. v.1.

ARAÚJO, G. G. L.; SILVA, J. F. C.; VALADARES FILHO, S. C. Consumo e digestibilidade total dos nutrientes de dietas contendo diferentes níveis de volumoso, em bezerros. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 27, n. 2, p. 345-354, nov. 1998.

ARCHIBALD, J. G.; KUZMESKI, J. W.; RUSSEL, S. Grass silage quality as affected by crop composition an by additives. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 43, n. 11, p. 1648-1653, nov. 1960.

ARMSTRONG, D. G. Digestion and utilization of energy. **Nutritional limits to animal production from pastures**, Queensland, v. 6, n. 12, p.225-244. oct., 1984

BARNETT, A. J. G. Silage fermentation. **Butterworths Science Publication**, London, v.1, n. 20, p. 34-58, 1954.

BASTOS, T. X. et al. O Estado atual dos conhecimentos de clima da Amazônia brasileira com finalidade agrícola. In: SIMPÓSIO DO TRÓPICO ÚMIDO. 1., 1984, Belém. **Anais ...** Belém : Embrapa-CPATU, 1986, p.19-43.

BERCHIELLI, T. T. **Efeito da relação volumoso:concentrado sobre a partição da digestão, a síntese de proteína microbiana, produção de ácidos graxos voláteis e desempenho de novilhos em confinamento**. 1994. 103 p. Tese (Doutorado em Ciência Animal) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 1994.

BOIN, C. **Elephant (napier) gross silage production effect of additives on chemical composition nutritive value and animal performance.** 1979. 98 p. Thesis (Doctorate) - Cornell University, Ithaca, 1979.

BORGES, A. L. C. C. **Qualidade de silagens de híbridos de sorgo de porte alto, com diferentes teores de tanino e de umidade no colmo, e seus padrões de fermentação.** 1995 104 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 1995.

BORGES, A. L. C. C.; GONÇALVES, L. C.; RODRIGUEZ, N. M. Silagem de sorgo de porte alto com diferentes teores de tanino e de umidade no colmo. I – Teores de matéria seca, pH e ácidos graxos durante a fermentação. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 49, n. 6, p. 719-732, ago. 1997.

BREIREM, K., ULVESLI, O. Ensiling methods. **Herbage Abstract**, Farnham Royal, v. 30, n. 1, p. 1-8, 1960.

BRIGGS, A. R.; LANGSTON, C. W.; ARCHIBALD, J. C. Definitions of silage terms. **Agronomy Journal**, Madison, n. 53, v. 4, p. 280-282, July/Aug. 1961.

BUENO, M. S. et al. Desempenho de cordeiros alimentados com silagem de girassol ou de milho com proporções crescentes de ração concentrada. **Revista Brasileira de Zootecnia**. Viçosa, v. 33, n. 6, suppl. 2, p.45-67, nov./dec. 2004.

BÜRGER, P. J.; PEREIRA, J. C.; VALADARES FILHO, S. C. Fermentação ruminal e eficiência microbiana em bezerros holandeses alimentados com dietas contendo diferentes níveis de concentrado. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 29, n. 1, p. 215-224, ago./set. 2000.

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 (Doutorado) - Universidade de São Paulo. Piracicaba, 2004.

CAMARÃO, A. P.; VEIGA, J. B.; DUTRA, S. **Produção e valor nutritivo de gramíneas em Paragominas.** Belém : EMBRAPA-CPATU, 1998. 17 p. (EMBRAPA-CPATU. Boletim de Pesquisa, 74).

CÂNDIDO, M. J. D.; OBEID, J. A.; PEREIRA, O. G. Avaliação da produção e do valor nutritivo de silagens de cinco híbridos de sorgo 1. FOR:056. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 36., Porto Alegre, 1999. **Anais ...** Viçosa : Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1999. p. 35.

CARDOSO, R. C.; VALADARES FILHO, S. C.; COELHO, J. F. Consumo e digestibilidades aparentes totais e parciais de rações contendo diferentes níveis de concentrado, em novilhos F1 Limousin x Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 29, n. 6, p. 1832-1843, ago./set. 2000.

CARDOSO, A. R. et al. Consumo de nutrientes e desempenho de carneiros alimentados com dietas que contêm diferentes níveis de fibra detergente neutro. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, n. 1, p. 215 – 221, jan-fev., 2006.

CARNEIRO, A. M. et al. Consumo e digestibilidade aparente de silagem mista de milho e soja. **Arquivos da Escola de Veterinária**, Belo Horizonte, v. 34, n. 2, p. 397-404. jul./ago. 1982.

CARVALHO, L. C. **Determinação do valor nutritivo de dez cultivares de capim sudão (*Sorghum sudanense*)**. 1996. 100 p. Dissertação (Mestrado) - Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte. 1996.

CATCHPOOLE, V. R.; HENZELL, E. F. Silage and silage-making from tropical herbage species. **Herbage Abstract**, New York, v. 41, n. 9, p. 213-21. July 1971.

CHAMBERLAIN, D. G.; MARTIN, P. A ;ROBERTSON, S. **Recent developments in ruminant nutrition 3**. Nottingham University Press, 1996. p. 245-263.

CHIMWANO, A. M.; ORSKOV, E. R.; STEWART, C. S.. Effect of dietary proportions of roughage and concentrate on rate of digestion of dried grass and cellulose in the rumen of sheep. **Proceedings. Nutrition Society**, New York, v. 35, n. 4, p. 101, feb., 1976.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **7º Levantamento de grãos 2005/2006**. Disponível em: < <http://www.conab.gov.br/download/safra/boletim07.pdf> />. Acesso em: 01 maio. 2006.

CONSENTINO, J. R. Fermentações na silagem. **Zootecnia**, Nova Odessa, v. 10, n. 1, p. 57-61, jan./mar. 1978.

COPPOCK, C. E. A Review of the nutritive value and utilization of whole cottonseed, cottonseed meal and associated by products by dairy cattle. **Animal Feed Science Technology**, Amsterdam, v. 18, n. 5, p. 89 - 129, jul. 1987.

COSTA, M. A. L. et. al. Desempenho, digestibilidade e características de carcaça de novilhos zebuínos alimentados com dietas contendo diferentes níveis de concentrado. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 34, n. 1, p. 23 - 45, fev. 2005.

COSTA, N. A. et. al. Intensive buffaloes meat production in confinement in Para State, Brasil. In: BUFALO SYMPOSIUM OF THE AMERICAS, 1., 2002, Belém. **Proceedings ...** Belém : APCB, 2002. p. 404-406.

COSTA, R. C. L.; OLIVEIRA NETO, C. F.; FREITAS, J. M. N. Potencial nutritivo da silagem de sorgo. In: WORKSHOP SOBRE PRODUÇÃO DE SILAGEM NA AMAZÔNIA, 1., 2004, Belém. **Anais ...** Belém : Universidade Federal Rural, 2004, p. 9 -27.

CRAMPTON, E. W. Interrelations between digestible nutrient and energy cont, voluntary dry matter intake, and the overall feeding value of forages. **Journal of Animal Science**, Arizona, v. 16, n. 3, p. 546-52, mar. 1957

DELLAGLIO, F.; TORRIANI, S. DNA-DNA homology, physiological characteristics and distribution of lactic acid bacteria isolated from maize silage. **Journal Applied. Bacteriology**. Oxford, v. 60, n. 2, p. 83-92, Apr.1986.

DIAS, A. M. A., et. al. Efeito do Estádio Vegetativo do Sorgo (*Sorghum bicolor*, (L.) Moench) sobre a Composição Química da Silagem, Consumo, Produção e Teor de Gordura do Leite para Vacas em lactação, em Comparação à Silagem de Milho (*Zea mays* (L.)). **Revista Brasileira de Zootecnia**. Viçosa, v. 30 n. 6, p. 23 - 34, nov./dec. 2001.

DIAS, H. L. C.; VALADARES FILHO, S. C.; COELHO, J. F. Consumo e digestões totais e parciais em novilhos F1 Limousin x Nelore alimentados com dietas contendo cinco níveis de concentrado. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 29, n. 2, p. 545-554, jan. 2000.

ELIZALDE, H. F. E. Valor nutritivo de los ensilages. **Producción Animal**, Buenos Aires, v. 15, n. 1, p.103-121, oct., 1995.

EVANGELISTA, A. R.; ROCHA, G. P. **Forragicultura**. Lavras : Gráfica Universitária, 1997.

FARIA, V. P. **Efeito da maturidade da planta e diferentes tratamentos sobre a ensilagem de capim elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) Variedade Napier**. 1971, 78 p. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, SP, 1971.

_____. Técnicas de produção de silagem. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PASTAGEM. 1., 1986, Piracicaba. **Anais ...** Piracicaba, SP : FEALQ, 1986. p. 114-119.

FEIJÓ, G. L. D.; THIAGO, L. R. L. S.; ARRUDA, E. F. Efeito de níveis de concentrado na engorda de bovinos confinados. Características das carcaças de animais Nelore. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 33., 1996, Fortaleza. **Anais ...** Fortaleza : Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1996, p.76-78.

FERNANDES, Antonio Rodrigues; LEITE, Andreos Ramiro Pinto. Potencial nutritivo da silagem de sorgo. In: WORKSHOP SOBRE PRODUÇÃO DE SILAGEM NA AMAZÔNIA, 1.,:2004, Belém. **Anais ...** Belém : Universidade Federal Rural, 2004, p. 53-169.

FERREIRA, G. D. G. **Características morfo-anatômicas do colmo e valor nutritivo de genótipos de milho (*Zea mays* L.)**. 2003. 100 p. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual de Maringá. Maringá, 2003.

FERREIRA, J. J. et. al. **Efeito de silagem de milho, de sorgo e de capim elefante no desempenho de novilhos confinados**. Sete Lagoas : Embrapa/CNPMS, 1995, 16 p.

FISHER, D. S.; BURNS, J. C. Quality analysis of summer-annual forages. **Agronomy Journal**, Madison, v. 79, n. 2, p.236-253, July/Aug. 1987.

FORBES, J. M. **Voluntary food intake and diet selection in farm animals**. Wallington : CAB International, 1995.

GANEV, G.; ORSKOV, E. R.; SMART, R. The Effect of roughage or concentrate feeding and rumen retention time on total degradation of protein in the rumen. **Journal of Agriculture Science**. Georgia, v. 8, n. 93, p. 651-656, July 1979.

GARCIA, J. C.; RUAS, D. G. G.; FELÍCIO FILHO, A. Sorgo: algumas considerações econômicas. **Informe Agropecuario**, Belo Horizonte, v. 5, n.4, p. 3 - 5, maio 1979.

GONÇALVES, L. C.; SILVA, J. F.; ESTEVÃO, M. M. Consumo e digestibilidade da matéria seca e da energia em zebuínos e taurinos, seus mestiços e bubalinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**. Viçosa, v. 20, n. 4, p. 384 - 404, ago./set. 1991.

GORDON, C. H. Storage Losses in silage as affected by moisture content and structure. **Journal of Dairy Science**. Champaign, v. 50, n. 3, p. 397- 403, Mar. 1967.

HAIGH, P. M. Effect of herbage water soluble carbohydrate content and weather conditions at ensilage on the fermentation of grass silages made on commercial farms. **Grass Forage Science**, Virginia, v. 45, n. 8, p. 263-271, Apr. 1990.

HARRIS, L. E. **Método para el análisis químico y evaluación biológica de alimentos para animales**. Gainesville, Flórida :. Center for Tropical Agriculture. Feed Composition Project. Livestock Pavilion. University of Florida., Florida. 1970.

HENDERSON, N. Silage additives. Animal Feed. **Science and Technology**, New York, v. 45, n. 1, p. 35-56, Set. 1993.

HENRIQUE, W.; ANDRADE, J. B.; SAMPAIO, A. A. M. Silagem de milho, sorgo, girassol e suas consorciações. II. Composição bromatológica. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 35., 1998, Botucatu. **Anais...** Botucatu : Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1998. p. 379 - 381.

HOPSON, J. D.; JOHSON, R. R.; DEHORITY, B. A.. Evaluation of the dracon technique as a method for measuring cellulose diestiblity and the rate of forage digestion. **Journal of Animal Science**. Arizona, v. 22, n. 54, p. 448-453, oct.1963.

ÍTAVO, L. C. V.; VALADARES FILHO, S. C.; SILVA, F. F. Níveis de concentrado e proteína bruta na dieta de bovinos Nelore nas fases de recria e terminação: Consumo e digestibilidade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 31, n. 2, p.1033-1041, set/out. 2002.

JACKSON, N.; FORBES, J. T. The Voluntary intake by cattle of four silages different in dry matter content. **Animal Production**, Texas, v. 4, n. 12, p. 591- 600, Oct. 1970.

JOHNSON, R. R.; FARIA, V. P.; MCCLURE, R. E. Effects of maturity on chemical composition and digestibility of berd resistant sorghum plants when fed to sheeps on silages. **Journal of Animal Science**, Arizona, v. 33, n. 5, p. 1-109, set. 1971.

KEARNEY, P. C.; KENNEDY, W. K. Relationships between losses of fermentable sugars and changes in organic acid as silage. **Agronomy Journal**, Madison, v. 54, n. 2, p. 144-15, July 1962.

KENNEDY, D. M.; BUNTING, L. D. Effects of starch or ruminal fermentation and detergent fiber digestion in lambs fed Bermuda grass hay. **Feed Science Technology**. Oklahoma, v. 36, n. 5, p. 91-100, Apr. 1992.

KIRKPATRICK, B. K.; KENNELLY, J. J. *In situ*. Degradability of protein and dry matter from single protein sources and from a total diet. **Journal of Animal Science**, Nova Jersey, n. 65, v. 2, p. 567-576, Sept. 1987.

KUMAR, R.; SINGH, M. Tannins: their adverse role in ruminant nutrition. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, New York, v. 32, n.3, p. 447- 453, Oct. 1984.

LAVEZZO, W. Silagem de capim elefante. **Informe Agropecuario**, Belo Horizonte, v. 132, n. 11, p. 50-57, dez. 1985.

LEIBENSPERGER, R. Y., PITT, R. E. A Model of clostridial dominance in ensilage. **Grass Forrage Science**, Texas, v. 42, n. 4, p.297-317, dec. 1987.

LIRA, M. A. **Curso de extensão sobre a cultura do sorgo**. Vitória de Santo Antão, PE : EMBRAPA / IPA, 1981.

LOURENÇO JÚNIOR, J. B. et. al. Potencial nutritivo da silagem de sorgo. In: WORKSHOP SOBRE PRODUÇÃO DE SILAGEM NA AMAZÔNIA. 1., 2004, Belém. **Anais ...** Belém : Universidade Federal Rural da Amazônia, 2004, p. 83-100.

LUDLOW, M. M.; SANTAMARIA, J. M; FUKAI, S. Contribution osmotic adjustment to grain yield in *Sorghum bicolor* (L) Moench under water-limited conditions and water-stress after anthesis. **Australian Journal of Agricultural Research**, Victoria, v. 41, n. 9, p. 67-78, 1993.

LUIS, L.; RAMIREZ, M. Estudio de algunos indicadores bioquimicos y microbiologicos en ensialgem de CRA-265. **Pastos y Forrajes**, Bogotá, v. 11, n.1, p. 88-93, jan. 1988.

MAGALHÃES, P. C.; DURAES, F.; SCHAFFERT, R. E. **Fisiologia da planta de sorgo**. Sete Lagoas (MG) : Embrapa, 2000, 46 p. (EMBRAPA - CNPMS Circular Técnica, 3).

MAHANNA, W. C. Silage fermentation and additive use in north america. In: SILAGE PRODUCTION FROM SEED TO ANIMAL, 61., 1993, New York. **Proceedings ...** New York : NRAES, 1993. p. 85 - 95.

_____. Silage fermentation and additive use in North America. **Service Publication**, Ithaca, v.5, n. 3, 1996.

MARTINS, R.G.R. et al. Consumo e digestibilidade aparente da matéria seca, da proteína bruta e da energia de silagens de quatro genótipos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) por ovinos. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**. Belo Horizonte, v. 55, n. 3, jun 2003a.

MARTINS; L. C. et. al. Consumo e digestibilidade aparente das frações fibrosas de silagens de quatro genótipos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) por ovinos. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**. v. 55, n. 3, Belo Horizonte, jun. 2003b.

MC DONALD, P. et al. **Animal Nutrition**. 5. ed. Zaragoza : ACRIBIA; 1995.

MC DONALD, P.; HENDERSON, A. R.; HERSON, S. **The Biochemistry of Silage**. 2. ed. Marlow : Chalcombe, 1991.

MC LEOD, M. N. Plant tannins - their role in forage quality. **Nutrition Abstracts and Reviews**, v. 44, n. 11, p. 803-815, sect.,1974.

MC NEIH, D. M. et. al. Condense tannins in the genus and thir nutritional significance for ruminants. In: SHELTON, N. M. et. al (ed). **Leucena - adaption, quality and farming system**. Canberra : ACIAR, 1998. p. 2005-2014. (ACIAR Proceedings, 86).

MEESKE, R.; ASHBELL, G.; WEINBERG, Z. G. Ensiling forage sorghum at two stages of maturity with the addition of lactic acid bacterial inoculants. **Animal Feed Science and Technology**. New York, v. 43, n.1, p.165-175, Oct. 1983.

MERTENS, D. R. Análise de fibra e sua utilização na avaliação e formulação de rações. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE RUMINANTES. REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 29., 1992, Lavras. **Anais ...** Lavras : Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1992. p.188-219.

MILLER, R. G.; MUNTIFERING, R. B. Effect of forage on kinetics of forage fiber digestion *in vivo*. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 68, n. 1, p. 40-44, Apr. 1985.

MILLER, W. J.; CLIFTON, C. M.; CAMERON, N. N. Nutrient loss and silage quality as affected by rate of filling and soybean flakes. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 45, n. 5, p. 403, jul. 1962.

MINSON, D. J; MILFORD, R. The Voluntary intake and digestibility of diets containing different proportions of legume and mature pangola grass (*Digitaria decumbens*). **Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry**, Melbourne, v. 7, n. 29, p. 546-555, Dec. 1967.

MOISIO, T., HEIKONEN, M. Lactic acid fermentation in silage preserved with formic acid. **Animal Feed Science Technology**, Oklahoma, v. 47, n. 1, p. 107-124, Dec. 1994.

MOLINA, L. R. et al. Degradabilidade *in situ* da matéria seca e da proteína bruta das silagens de seis genótipos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench), com e sem tanino no grão, ensilados no estágio de grão farináceo. **Revista Brasileira de Veterinária**, Viçosa, v. 39, n. 5, p. 3, maio 2002.

MOLINA, L. R.; GONÇALVES, L. C.; RODRIGUEZ, N. M. Avaliação agronômica de seis híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor*) (L.) Moench. **Arquivo Brasileiro de Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 52, n. 4, p. 385-390, jun. 2000.

MOREIRA, A. L. et al.. Consumo e digestibilidade aparente dos nutrientes da silagem de milho e dos fenos de alfafa e de capim-coastcross, em ovinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 30 n. 3, suppl.1, p. 10 - 18, maio/jun. 2001.

MOURA CARVALHO, L. O. D.; LOURENÇO JÚNIOR, J. B; ALVES, O. S. Potencial nutritivo da silagem de sorgo. In: WORKSHOP SOBRE PRODUÇÃO DE SILAGEM NA AMAZÔNIA, 1., 2004, Belém. **Anais...** Belém : Universidade Federal Rural, 2004, p. 83-100.

MUCK, R. E.; BOLSEN, K. K. Silage preservation and silage additive products. In: _____. **Field guide for hay and silage management in north america**, New York : NFIA, 1991, p. 105-126.

MUCK, R. E.; DICKERSON, J. T. Storage temperature effects on proteolysis in alfafa silage. In: USDFRC. **Research Summaries**, Washington, 1987, p. 43-45

NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). **Nutrient requirements of sheep**. 6th. ed. Washington, D. C. : NAS, 1985.

_____. **Nutrients requirements of dairy cattle**. 6th. ed., Washington, D.C., 1989.

NEUMANN, Mikael, et. al. Avaliação do valor nutritivo da planta e da silagem de diferentes híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor*, L. Moench). **Revista Brasileira de Zootecnia**. Viçosa (MG), v. 31, n. 1, p. 11 - 23, fev. 2002.

NILSON, G. Biochemical changes in microbes free silage. **Archives Microbiology**., New York, v. 34, n. 7, p. 30, sect., 1959.

NOGUERA, J. R. R. **Qualidade das silagens de quatro cultivares de girrasol (*Helianthus annuus*) ensilados com diferentes proporções da planta**. 2000. 34 f.

Dissertação (Mestrado) - Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2000.

NUSSIO, L.G., CAMPOS, F.P., DIAS, F.N. Importância da qualidade da porção vegetativa no valor alimentício da silagem de milho. In: JOBIM, C.C., CECATO, U., DAMASCENO, J.C., SANTOS, G.T. **Simpósio sobre produção e utilização de forragens conservadas**. 2001, Maringá, p. 127-145.

OWENS, F. N.; GOETSCH, A. L. Fermentación ruminal. In: CHURCH, D. C. **El Ruminante, fisiología digestiva y nutrición**. Zaragoza (Espanha) : Acríbia, 1993, p.159-190.

PASCOAL, L. L. et. al. Diferentes níveis de concentrado na dieta de bezerros de corte desmamados precocemente. In: REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2001, Piracicaba (SP). **Anais ...** Piracicaba (SP), 2001.

PAUL, C. L. **Aspectos fisiológicos del crecimiento y desarrollo del sorgo**. In: PAUL, C. L. *Agronomía del sorgo patancheru*. Flórida: ICRISAT, 1990. p. 43 - 68.

PEDREIRA, M. S. et al. Características agronômicas e composição química de oito híbridos de sorgo [*Sorghum bicolor (L.) Moench*]. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 32, n. 5, p. 13-19, set./out. 2003.

PEREIRA, D. H. Consumo, digestibilidade dos nutrientes e desempenho de bovinos de corte recebendo silagem de sorgo (*Sorghum bicolor (L.) Moench*) e diferentes proporções de concentrado. **Revista Brasileira de Zootecnia**. Viçosa, v. 35, n. um, p. 10-18, jan./fev. 2006

PEREIRA, O. G.; OBEID, J. A.; GOMIDE, J. A. Produtividade de uma variedade de milho (*Zea mays L.*) e de três variedades de sorgo (*Sorghum bicolor (L.) Moench*) e o valor nutritivo de suas silagens. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 22, n. 1, p. 31-38, jan. / fev. 1993.

PESCE, D. M. S. et al. Análise de Vinte Genótipos de Sorgo (*Sorghum bicolor (L.) Moench*), de Portes Médio e Alto, Pertencentes ao Ensaio Nacional. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 29, n. 4, jul/ago. 2000.

PRINCE, M. L. S.; VAN SCOYCK, S.; BUTLER, L. G. A Critical evaluation for valinin reaction as assay for tannin in soghum grain. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, New York, v. 26, n. 12, p. 1241-1218, Aug. 1978.

REED, J. D. Nutritional toxicology of tannins and related polyphenols in forage legumes. **Journal of Animal Science**, Arizona, v. 73, n. 5, p.1516-1528, Dec. 1995.

RESENDE, E. D.; QUEIROZ, A. C.; FONTES, C. A. A. fibra detergente neutro vs. Fibra detergente ácido na formulação de dietas para ruminantes. **Revista da Sociedade Brasileira Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 24, n. 3, 1995, p. 42-350.

RESTLE, J. et al. Aspectos qualitativos da carcaça e carne de novilhos, terminados aos 24 meses, com silagem de sorgo. In: REUNIAO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 35, 1998, Botucatu. **Anais ... Botucatu : SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA**, 1998, p 3.

ROCHA JÚNIOR, V. R. et al. Avaliação de sete genótipos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) para produção de silagem. II - Padrão de fermentação. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**. Belo Horizonte, v. 52, n. 5, p. 12 - 18, Oct. 2000.

RODE, L. M.; WEAKLEY, D. C.; SATTER, L. D. Effect of forage amount and particle size in diets of lactating dairy cows on site of digestion and microbial protein synthesis. **Journal of Animal Science**, Oklahoma, v. 65, n. 1, p. 194-202, Sept. 1985.

RODRIGUES FILHO, J. A.; CAMARÃO, A. P.; AZEVEDO, G. P. C. **Utilização da torta de amêndoa de dendê na alimentação de ruminantes**. Belém : Embrapa Amazônia Oriental, 2002, 6 p.

RODRIGUES, P. H. M. et al. Monensina e digestibilidade aparente em ovinos alimentados com proporções de volumoso/concentrado. **Science Agriculture**, Piracicaba (SP). v. 58, n. 3, p. 12 - 25, jul/set. 2001.

RODRIGUEZ, N. M.; GONÇALVES, L. C.; NOGUEIRA, F. A. S. Silagem de sorgo de porte baixo com diferentes teores e tanino e de umidade no colmo l-pH e teores de matéria seca e de ácido graxos durante a fermentação. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Viçosa, v. 51, p.485-490, jan. 1999.

ROSIELLE, A. A; HAMBLIN, J. Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environments. **Crop Science**, Madison, v. 21, n. 6, p. 943-946, July 1981.

RUAS, D. G.; GARCIA, J. C.; TEIXEIRA, N. M. Recomendações técnicas para o cultivo do sorgo. Sete Lagoas (MG) : EMBRAPA - CNPMS , 1988. 79 p. (Circular Técnica, n. 1).

RUXTON, I. B.; MC DONALD, P. The Influence of oxygen on silage, 1. Laboratory studies. **Journal Science Food Agriculture**, Oklahoma, v. 25, p. 107-15, Oct. 1974.

SAS INSTITUTE INC. SAS user's guide: release 6.03. Cary, 1988.

SEGLAR, W. J. Evaluation of systems for tropical environments. In: INTERNATIONAL TROPICAL DAIRYING SYMPOSIUM, 1st, 1996, San Juan (Puerto Rico). **Proceedings ...** San Juan (Puerto Rico), ed. Deryn, 1996, p. 1-14

SIDDONS, R. C.; PARADINE, J. Effects of diets on protein degrading activity in the sheep rumen. **Journal Science Food Agriculture**. Champaign v. 32, n. 10, p. 973-981, Apr. 1981.

SILVA, A. V.; FERREIRA, C. L. L. F.; FERNANDES, P. C. C. Potencial nutritivo da silagem de sorgo. In: WORKSHOP SOBRE PRODUÇÃO DE SILAGEM NA AMAZÔNIA, 1.,:2004, Belém. **Anais ...** Belém : Universidade Federal Rural, 2004, p. 83-100.

SILVA, D. J. **Análise de alimentos (métodos químicos e biológicos)**. Viçosa : UFV, 1992.

SILVA, J. F. C.; LEÃO, M. I. **Fundamentos de nutrição de ruminantes**. Piracicaba (SP) : Livrocere, 1979.

SILVA, L. F. P. et al. Relação entre a Composição Química e a Degradabilidade In Situ da Matéria Seca e da Fibra em Detergente Neutro da Fração Volumosa de Híbridos de Milho. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 29, n. 1, p. 12 - 18, jan./feb. 2000.

SILVA, N. L. Q. et al. Terminação de novilhos alimentados com silagens de sorgo associadas a três níveis de concentrado. . In: REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 36., 1999, Porto Alegre. **Anais ...** Porto Alegre : Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1999.

SILVEIRA, A. C. **Contribuição para o estudo do capim elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum.) como reservas forrageiras nos trópicos**. 1976. 234 p. (Tese Livre Docência) - Faculdade de Ciências Médicas e Biológicas, Botucatu, 1976.

SOUZA, V. G. et al. Valor nutritivo de silagens de sorgo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 32, n. 3, p. 9 - 15, maio/jun, 2003.

SOUZA, V. G.; PEREIRA, O. G.; VALADARES FILHO, S. C. Consumo e desempenho de bovinos de corte recebendo dietas contendo silagem de milho e concentrado em diferentes proporções. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39., 2002, Recife. **Anais eletrônicos ...** Recife : Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2002. 1 CD-ROM. Nutrição de Ruminantes. Resumo.

STRACK, A. G.; MOLETTA, J. L.; PEROTTO, D. Efeito dos níveis de concentrado, sobre características de carcaça de novilhos terminados em confinamento. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2001, Piracicaba (SP). **Anais ...** Piracicaba : Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2001. p.1239.

TEIXEIRA, P. E. G.; TEIXEIRA, P. P. M. Potencial nutritivo da silagem de sorgo. In: WORKSHOP SOBRE PRODUÇÃO DE SILAGEM NA AMAZÔNIA, 1., 2004, Belém. **Anais ...** Belém : Universidade Federal Rural, 2004 p. 83-100.

THIAGO, L. R. L. Aspectos práticos para o seu uso na manutenção ou ganho de peso. In: ENCONTRO PARA A PECUÁRIA DE CORTE PALÁCIO POPULAR DA CULTURA, 11., 1999, Campo Grande (MS). **Anais ...** Campo Grande : UFMS, 1999.

THIAGO, L. R. L. S. ; GILL, M. **Consumo voluntário: fatores relacionados com a degradação e passagem da forragem pelo rúmen.** Campo Grande : EMBRAPA-CNPGC, 1990.

TJANDRAATMADJA, M., MCRAE, I. C., NORTON, B. W. Intake and digestibility of sorghum silage by goats. **Animal Feed Science and Technology**, Madison, v. 41, n. 3, p. 171-179, sept. 1993.

TONANI, F. L. **Valor nutritivo das silagens de sorgo (Sorghum bicolor L.) em diferentes estágios de maturação dos grãos.** 1995. 56 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1995.

TORRES, R. A. Conservação de forragem. In: CURSO DE PECUÁRIA LEITEIRA, 3., 1984. Belo Horizonte. **Anais ...** Belo Horizonte : Companhia Industrial e Comercial Brasileira. de Produtos Alimentares/NESTLE. 1984.

VALDEZ, F. R.; HARRISON, J. H.; DEETZ, D. A. *In vivo* digestibility of corn and sunflower intercropped as a silage crop. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 71, n. 8, p.1860-1867, Apr. 1988.

VALVASORI, E. et al. Desempenho de bezerros recebendo silagens de sorgo ou de cana-de-açúcar como únicos alimentos volumosos. **Brazil Journal Veterinary Reserch Animal Science**. São Paulo, v. 35, n. 5, p. 12-15, set., 1998.

VALVERDE, C. E. T. C. **250 rações balanceadas para bovinos de corte: bezerros, novilhos e bois**. Guaíba : Agropecuária, 1997.

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

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

VEIGA, J. B. **Produção leiteira da Amazônia: situação atual e perspectivas**. 2. ed. Belém : EMBRAPA - Amazonia Oriental, 2000. p. 12-55

VEIGA, J. B. et al. **Sistemas silvipastoris na Amazônia Oriental**. Belém : Embrapa Amazônia Oriental, 2000. 62 p. (Documentos, 56).

VÉRAS, A. S. C.; VALADARES FILHO, S. C.; SILVA, J. F. C. Níveis de concentrado na dieta de animais nelore não castrados: I. Consumo. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 37., 2000, Viçosa, **Anais eletrônicos ... Viçosa (MG) : Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2000. 1 CD-ROM. Nutrição de ruminantes. Pôster 1073.**

VILELA, D. **Aditivos na ensilagem**. Centro Nacional de Pesquisa de gado de Leite. Coronel Pacheco : EMBRAPA, 1984. (Circular Técnica; 21).

VOSS, N. Amines and ammonia as products of protein decomposition in silage. In: PROC. INT. GRASSLAND CONGRESS, 1., 1966, Helsinki. 1966, **Proceedings ... Helsinki : ed. Norgan, 1966, p. 540-546.**

VUYST, A.; VANBELLE, M. Los principios basicos de la conservacion de los alimentos por el ensilado. **Zootechnia**, New York, v.18, n. 4, p. 414, oct.,1969.

WARD, G. M; BOREN, F. W.; SMITH, E. F. Relation between dry matter content and dry matter conception of sorghum silage. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 49, n. 4, p. 339-402, Apr. 1966.

WHITTENBURY, R.; McDONALD, P.; BRYAN JONES, D. G. A Short review of some biochemical and microbiological aspects of ensilage. **Journal of Science of Food and Agriculture**, New York, v. 18, n. 2, p. 441-444, Oct. 1967.

WILSON, R. F.; TILLEY, J. M. A. Determination of organic acids in silage by silica gel chromatography. **Journal Science Food and Agriculture**, California, v. 15, n. 30, p. 208, Nov. 1964.

ZAGO, C. P. Cultura de sorgo para produção de silagem de alto valor nutritivo. In: SIMPOSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE BOVINOS, 4., 1991, Piracicaba (SP). **Anais ...** Piracicaba (SP): Fundação de Estudos Agrários "Luiz de Queiroz", 1991. p. 169-217.

_____. **Utilização do sorgo na alimentação de ruminantes**. In: EMBRAPA – CNPMS, MANEJO CULTURAL DO SORGO PARA FORRAGEM, Sete Lagoas, (MG) 1997. p. 66. (EMBRAPA-CNPMS. Circular Técnica, 47)

_____. Silagem de sorgo. In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE BOVINOS: ALIMENTAÇÃO SUPLEMENTAR, 7., 1999, Piracicaba. **Anais ...** Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários "Luiz de Queiroz", 1999, p. 47-68.