

ROBERTO GUIMARÃES JÚNIOR

AVALIAÇÃO NUTRICIONAL DE SILAGENS DE MILHETO
[*Pennisetum glaucum* (L). R. Br.]

Tese apresentada à Escola de Veterinária da
Universidade Federal de Minas Gerais, como
requisito parcial para obtenção do grau de Doutor
em Ciência Animal.

Área de Concentração: Nutrição Animal
Orientador: Prof. Lúcio Carlos Gonçalves

Belo Horizonte - Minas Gerais
Escola de Veterinária - UFMG
2006

G963a Guimarães Júnior, Roberto, 1976-
Avaliação nutricional de silagens de milho [*Pennisetum glaucum* (L). R. Br.] /
Roberto Guimarães Júnior. – 2006.
90p. :il.
Orientador: Lúcio Carlos Gonçalves
Tese (doutorado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Veterinária.
Inclui bibliografia

1. Ruminante – Alimentação e rações – Teses. 2. Milho – Silagem – Teses. 3. Valor
nutricional – Teses. I. Gonçalves, Lúcio Carlos. II. Universidade Federal de Minas Gerais.
Escola de Veterinária. III. Título.

CDD – 633.2

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho à minha família, ao professor Lúcio, à Karininha e aos meus amigos.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por tudo que Ele tem me proporcionado.

À minha querida família, meu porto seguro, que sempre me apoiou e vibrou com as minhas conquistas. Ao meu pai, exemplo de força e determinação, minha mãe, paciência, bondade e confiança, Cintia, personalidade e carinho. Obrigado pelo amor de todos vocês.

Ao professor Lúcio, meu amigo e orientador, pelos ensinamentos na vida profissional e pessoal que levarei comigo pelo resto da vida.

À Karininha, pelo seu apoio incondicional em todos os momentos, amor e companheirismo e também à sua família, pelo acolhimento e por torcerem por mim.

À Universidade Federal de Minas Gerais pela oportunidade de estudo.

Ao CNPq pela bolsa de estudos concedida.

Aos professores Norberto Mario Rodríguez e Eloísa Oliveira Simões Saliba pela boa vontade em ajudar e ensinar, pelas valiosas contribuições na tese e pelo apoio no Laboratório de Nutrição.

Ao professor Luiz Gustavo e ao Thierry Tomich, pelo exemplo que são, pelas contribuições e ajudas imprescindíveis durante a tese e pela amizade. Ao Roberto Camargos, pela amizade e boa vontade em ajudar.

Aos professores Rogério Martins Maurício, Ana Luíza e Iran Borges pelos ensinamentos e ajuda durante o curso.

Aos amigos irmãos Daniel (Chibs), Diogo (Mano), Cristiano (Maninho), Cacá (Negão), Verinha, Gustavo Frias (Bizil), Gabriel, Fernando (Baby), Tim, Marcelo, Deborah, Wellington, Dr. Wilson, Alex, Fernanda e Flávia pelo convívio agradável, amizade e coleguismo. Aos grandes amigos, Bernardo, César e Érico, pela amizade, incentivo e torcida.

À amiga Fabiana Scalabrini, nosso maior exemplo...

Aos funcionários do Laboratório de Nutrição da Escola de Veterinária da UFMG, Toninho, Carlos, Kelly, Margarida, Marcos e Júnior por toda a ajuda nas análises e pela amizade.

Aos demais colegas da pós-graduação e graduação pelo bom relacionamento e amizade.

Aos membros do Colegiado de Pós-Graduação e Departamento de Zootecnia, pela disponibilidade.

A todos que, de alguma forma, me ajudaram e torceram por mim. Muito obrigado!

“Os que desistem de lutar são indignos de viver, mas isto não se dirá de nós”
Antônio de Oliveira Salazar

Valeu a pena!

SUMÁRIO

RESUMO	15
ABSTRACT	16
CAPÍTULO I - INTRODUÇÃO GERAL	17
CAPÍTULO II - REVISÃO DE LITERATURA	19
I - UTILIZAÇÃO DO MILHETO PARA PRODUÇÃO DE SILAGEM	19
II - CONSUMO VOLUNTÁRIO E DIGESTIBILIDADE APARENTE	30
III - TÉCNICA DE DEGRADABILIDADE <i>IN SITU</i>	33
IV - TÉCNICA <i>IN VITRO</i> SEMI-AUTOMÁTICA DE PRODUÇÃO DE GASES (RPT)	36
V - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	39
CAPÍTULO III	46
CONSUMO E DIGESTIBILIDADE APARENTE DAS SILAGENS DE TRÊS GENÓTIPOS DE MILHETO	46
3.1. RESUMO	46
3.2. ABSTRACT	46
3.3. INTRODUÇÃO	47
3.4. MATERIAL E MÉTODOS	47
3.5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	49
3.6. CONCLUSÕES	60
3.7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	61
CAPÍTULO IV	65
DEGRADABILIDADE <i>IN SITU</i> DOS COMPONENTES NUTRICIONAIS DAS SILAGENS DE TRÊS GENÓTIPOS DE MILHETO	65
4.1. RESUMO	65
4.2. ABSTRACT	65
4.3. INTRODUÇÃO	66
4.4. MATERIAL E MÉTODOS	66
4.5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	69
4.6. CONCLUSÕES	77
4.7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	77
CAPÍTULO V	80
DEGRADABILIDADE E CINÉTICA DE FERMENTAÇÃO RUMINAL DAS SILAGENS DE TRÊS GENÓTIPOS DE MILHETO AVALIADAS PELA TÉCNICA <i>IN VITRO</i> SEMI-AUTOMÁTICA DE PRODUÇÃO DE GASES	80
5.1. RESUMO	80
5.2. ABSTRACT	80
5.3. INTRODUÇÃO	81
5.4. MATERIAL E MÉTODOS	81
5.5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	84
5.6. CONCLUSÕES	88
5.7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	88
CAPÍTULO VI	90
CONCLUSÕES GERAIS	90

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO III

Tabela 1.	Composição química (%), energia bruta, energia digestível e energia metabolizável (Kcal/kg), expressos na matéria seca, pH e NH ₃ /NT (%) das silagens de três genótipos de milho	50
Tabela 2.	Valores médios de consumo de matéria seca (CMS) em g/dia, consumo de matéria seca em g/UTM/dia, (CMS-UTM), digestibilidade aparente da matéria seca (DAMS) em percentagem (%), consumo de matéria seca digestível em g/UTM/dia (CMSD) das silagens de três genótipos de milho	53
Tabela 3.	Valores médios de consumo de energia bruta em Kcal/UTM/dia (CEB), digestibilidade aparente da energia bruta (DAEB) em %, consumo de energia digestível (CED) em Kcal/UTM/dia, consumo de energia metabolizável (CEM) em Kcal/UTM/dia, consumo de energia digestível por grama de MS consumida/UTM em Kcal ED/gMS (CED/CMS) e consumo de energia metabolizável por grama de MS consumida/UTM em Kcal EM/gMS (CEM/CMS) das silagens de três genótipos de milho.....	55
Tabela 4.	Valores médios de consumo de proteína (CPB) em g/dia, digestibilidade aparente da PB (DAPB) em %, consumo de proteína bruta em g/UTM/dia (CPB-UTM) e consumo de proteína digestível em g/UTM/dia (CPD) silagens de três genótipos de milho	56
Tabela 5.	Nitrogênio (N) ingerido, N fecal, N urinário e balanço de nitrogênio em gramas por dia (g/dia) das silagens de três genótipos de milho	57
Tabela 6.	Valores médios de consumo de fibra em detergente neutro (CFDN) em g/UTM/dia, digestibilidade da fibra em detergente neutro (DFDN) em %, consumo de fibra em detergente neutro digestível em g/UTM/dia (CFDND), consumo de fibra em detergente ácido (CFDA) em g/UTM/dia, digestibilidade da fibra em detergente ácido (DFDA) em % e consumo de FDA digestível em g/UTM/dia (CFDAD)	58
Tabela 7.	Valores médios de consumo de hemiceluloses (CHCEL) em g/UTM/dia, consumo de hemiceluloses digestíveis em g/UTM/dia (CHCELD), digestibilidade das hemiceluloses (DHCEL) em %, consumo de celulose (CCEL) em g/UTM/dia, consumo de celulose digestível em g/UTM/dia (CCELD), digestibilidade da celulose (DCEL) em %, consumo de lignina (CLIG) em g/UTM/dia, das silagens de três genótipos de milho	60

CAPÍTULO IV

Tabela 1.	Composição química do feno e do concentrado utilizados na alimentação dos animais em percentagem da matéria seca	67
Tabela 2.	Protocolo de incubação e retirada dos sacos de náilon do rúmen	68
Tabela 3.	Concentrações médias de pH e nitrogênio amoniacal (N-NH ₃ em mg %) no líquido ruminal colhido em diferentes períodos após o fornecimento da refeição	69
Tabela 4.	Desaparecimento médio (%) da MS das silagens de três genótipos de milho de em função dos tempos de incubação	70
Tabela 5.	Potenciais de degradação (A), taxas de degradação (c), frações solúveis (S), frações degradáveis (B1), tempos de colonização (TC) e degradabilidades efetivas (DE), nas taxas de passagem 2,0%/h, 5,0%/h e 8,0%/h, da matéria seca das silagens de três genótipos de milho	71
Tabela 6.	Desaparecimento médio (%) da proteína bruta das silagens de três genótipos de milho em função dos tempos de incubação	72
Tabela 7.	Potenciais de degradação (A), taxas de degradação (c), frações solúveis (S), frações degradáveis (B1), tempos de colonização (TC) e degradabilidades efetivas (DE), nas taxas de passagem 2,0%/h, 5,0%/h e 8,0%/h, da proteína bruta das silagens de três genótipos de milho	73
Tabela 8.	Desaparecimento médio (%) da fibra em detergente neutro das silagens de três genótipos de milho em função dos tempos de incubação	74
Tabela 9.	Potenciais de degradação (A), taxas de degradação (c), frações solúveis (S), frações degradáveis (B1), tempos de colonização (TC) e degradabilidades efetivas (DE), nas taxas de passagem 2,0%/h, 5,0%/h e 8,0%/h, da fibra em detergente neutro das silagens de três genótipos de milho	75
Tabela 10.	Desaparecimento médio (%) da fibra em detergente ácido das silagens de três genótipos de milho em função dos tempos de incubação	76
Tabela 11.	Potenciais de degradação (A), taxas de degradação (c), frações solúveis (S), frações degradáveis (B1), tempos de colonização (TC) e degradabilidades efetivas (DE), nas taxas de passagem 2,0%/h, 5,0%/h e 8,0%/h, da fibra em detergente ácido das silagens de três genótipos de milho	77

CAPÍTULO V

Tabela 1.	Produções cumulativas de gases (em mL/g de MS) corrigidas para um grama de matéria seca (PCG) e degradabilidade da matéria seca em percentagem (DMS) após 6, 12, 24, 48 e 96 horas de fermentação das silagens de três genótipos de milho NPM-1, BRS-1501 e CMS-3) 85
Tabela 2.	Equações de regressão entre os valores de degradabilidade da matéria seca (DMS) e produção cumulativa de gases (PCG) das silagens de três genótipos de milho, com respectivos coeficientes de determinação (R^2) e correlação (r) 86
Tabela 3.	Potencial máximo de produção de gases (A) em mL/g de MS, tempo de colonização (TC) em horas e minutos, taxa de produção de gases (μ) em mL/g de MS/h e degradabilidade efetiva da matéria seca (% de MS) para as taxas de passagem 2,0%, 5,0% e 8% das silagens de três genótipos de milho 88

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO V

Figura 1.	Produções cumulativas de gases da matéria seca das silagens de milho (genótipos NPM-1, BRS-1501 e CMS-3) 85
Figura 2.	Produções de gases por hora, das silagens de milho (genótipos NPM-1, BRS-1501 e CMS-3) 87

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi estudar o valor nutricional das silagens de três genótipos de milho (BRS-1501, NPM-1 e CMS-3) colhidos aos 100 dias após plantio, por meio da determinação de suas composições químicas e realização de ensaios de consumo e digestibilidade aparente, degradabilidade *in situ* e técnica *in vitro* semi-automática de produção de gases, utilizando-se ovinos. Os teores de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e energia bruta (EB) determinados nas silagens foram de: 21,28, 22,72, 20,99%; 11,83, 10,73, 11,45%; 70,54, 71,22, 71,02%; 37,70, 39,71, 39,37% e 3792,83, 3825,04, 3855,32 kcal/kg, para as silagens dos genótipos BRS-1501, NPM-1 e CMS-3, respectivamente. Os consumos de matéria seca em g/unidade de tamanho metabólico (CMS-UTM) oscilaram entre 42,12 (BRS-1501) a 44,22 g/UTM/dia (NPM-1). Quanto aos teores de digestibilidade aparente da matéria seca (DAMS) foram obtidos os seguintes valores: 49,87% para a silagem do genótipo CMS-3, 47,55% para a silagem do BRS-1501 e 45,83% para a silagem do NPM-1. Para os valores de digestibilidade aparente da energia bruta (DAEB), o maior valor ($p < 0,05$) foi obtido para silagem do CMS-3 de 47,67%. A silagem do genótipo CMS-3 também apresentou os maiores valores de digestibilidade aparente da PB de 62,54% ($p < 0,05$) e eficiência de utilização desta fração (59,18%), se destacando entre as demais. As silagens dos genótipos avaliados foram semelhantes ($p > 0,05$) quanto aos valores de consumo voluntário da matéria seca, energia, proteína bruta, e frações fibrosas. No estudo de degradabilidade *in situ* as degradabilidades da matéria seca após 96 horas de incubação variaram de 59,9% para a silagem do genótipo CMS-3 a 63,2% para a silagem do BRS-1501. As degradabilidades efetivas da MS para as taxas de passagem de 2,0%/h, 5,0%/h e 8,0%/h foram de 48,5%, 39,6% e 35,8% para a silagem do BRS-1501, 46,3%, 38,0% e 34,9% para a silagem do NPM-1 e 47,7%, 40,1% e 36,8% para a silagem do CMS-3. O maior potencial de degradação (A) da PB foi encontrado para a silagem do genótipo BRS-1501 (83,9%). Quanto às taxas de degradação (c) desta fração, a silagem do CMS-3, apresentou o maior valor de 2,62%/h. Foram observadas baixas degradabilidades da fração fibrosa para todas as silagens estudadas. No ensaio de produção de gases as comparações entre os genótipos nos diferentes períodos de fermentação indicaram que a partir de 24 horas, o genótipo BRS-1501 foi o que produziu mais gases. Os valores de DMS apresentados às 96 horas de fermentação foram de 53,9% para a silagem do BRS-1501, 51,7% para a silagem do CMS-3 e 49,1% para a silagem do NPM-1, sendo este o material com menor degradabilidade ($p < 0,05$). Os potenciais máximos de produção de gases variaram de 145,18 para a silagem do genótipo CMS-3 a 155,02 mL/g de MS para a silagem do BRS-1501. A silagem do genótipo BRS-1501 se destacou entre as demais, em função do seu maior potencial de produção de gases e degradabilidades efetivas. Com base nos resultados encontrados conclui-se que os genótipos de milho estudados apresentaram um bom valor nutricional, podendo ser indicados como opção para produção de silagem. Em todas as silagens foi verificada elevada concentração e qualidade da proteína bruta. De modo geral, as silagens dos genótipos BRS-1501 e CMS-3 foram as de melhor valor nutricional, sendo que a última apresentou qualidade da fração protéica superior entre as demais. Face às baixas degradabilidades da fração fibrosa, estudos que associem o momento de colheita da cultura ao valor nutricional da silagem de milho são necessários.

Palavras chave: consumo, digestibilidade, milho, ruminante, silagem, valor nutricional.

ABSTRACT

The aim of this work was to study the nutritional value of three pearl millet genotypes silages (BRS-1501, NPM-1 e CMS-3) harvested 100 days after sowing, by determination of its chemicals compositions and studies of voluntary intake and apparent digestibility, *in situ* degradability and semi-automated *in vitro* gas production technique, using sheep as experimental unit. Dry matter (DM), crude protein (CP) neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF) and gross energy (GE) analyzed in silages were: 21.28, 22.72, 20.99%; 11.83, 10.73, 11.45%; 70.54, 71.22, 71.02%; 37.70, 39.71, 39.37% e 3792.83, 3825.04, 3855.32 kcal/kg to BRS-1501, NPM-1 and CMS-3 genotypes silages, respectively. The DM intake measured in grams per metabolic weigh ranged from 42.12 g/MW/day (BRS-1501) to 44.22 g/MW/day (NPM-1). DM apparent digestibilities values were: 49.87% to CMS-3 genotype silage, 47.55% to BRS-1501 silage and 45.83% to NPM-1 silage. When it comes to apparent digestibility of GE, the highest value was observed to CMS-3 silage (47.67%). This silage also showed the highest ($p < 0.05$) CP apparent digestibility (62.54%) and efficiency utilization of this fraction (59.18%), standing out against other silages. No statistical differences were observed to NDF, ADF intakes and digestibilities. Silages were also similar ($p > 0.05$) concerning to dry matter, energy and crude protein voluntary intakes. In the *in situ* degradability study DM degradabilities 96 hours after incubation ranged from 59.9% to CMS-3 genotype silage to 63.2% to BRS-1501 silage. Values of effective degradability at 2.0%/h, 5.0%/h and 8.0%/h passage rates were: 48.5%, 39.6% and 35.8% to BRS-1501 silage, 46.3%, 38.0% and 34.9% to NPM-1 silage and 47.7%, 40.1% and 36.8% to CMS-3 silage. The highest CP degradability potential was observed to BRS-1501 (83.9%) genotype silage. When it comes to CP degradability rates, CMS-3 silage presented the highest value of 2.62%/h. All pearl millet silages presented low fibrous fractions degradabilities. In the semi-automated *in vitro* gas production technique study BRS-1501 genotype silage showed the greater cumulative gas production from 24 hours on when compared to other genotypes silages in different fermentation periods. The dry matter degradability (DMD) values after 96 hours incubation were: 53.9% to BRS-1501 genotype silage, 51.7 % to NPM-1 and 49.1% to CMS-3, that presented the lower DMD ($p < 0.05$). The maximum gas production potentials ranged from 145.18 mL/g of dry matter to CMS-3 genotype silage up to 155.02 mL/g of dry matter to BRS-1501. The BRS-1501 silage stood out against other silages due to its highest gas production potential and effective degradabilities. According to the findings of this studies it can be concluded that pearl millet presented a good nutritional value, being suggested its utilization as silage. Pearl millet silages presented high content and quality of crude protein fraction. The BRS-1501 and CMS-3 silages showed better nutritional values and the former presented best quality of crude protein fraction among the other silages. All pearl millet silages showed low fibrous fractions degradabilities, showing the need of more studies relating the harvest time of this culture to its nutritional value.

Keywords: digestibility, nutritional value, pearl millet, ruminant, silage, voluntary intake.

CAPÍTULO I - INTRODUÇÃO GERAL

Nos últimos anos, tanto o setor agrícola quanto o pecuário vêm participando de forma expressiva na geração de riquezas para o país. O agronegócio é responsável por 42% das exportações totais, 37% dos empregos brasileiros (Brasil, 2006) e, segundo CEPEA (2006) a sua participação no produto interno bruto (PIB) brasileiro no ano de 2005 foi de aproximadamente 28%, sendo que o setor pecuário gerou cerca de R\$ 159,6 bilhões de reais, demonstrando o seu importante papel na economia brasileira.

O rebanho bovino brasileiro, formado em sua maioria por animais de corte destaca-se como o maior rebanho bovino comercial do mundo, contando com cerca de 165 milhões de cabeças (ANUALPEC, 2005). De acordo com Valadares Filho et al. (2004) o Brasil é um país de grande potencial para a criação de bovinos de corte, principalmente em função da sua extensão territorial e condições edafo-climáticas. Além disso, é o único país que tem potencial para crescimento do rebanho bovino e condições de aumentar a quantidade de cabeças abatidas e seu índice de desfrute médio. Para que esse crescimento aconteça, um planejamento na produção de alimentos é de fundamental importância, tendo em vista que a sazonalidade da produção e da oferta de forragem como consequência de variáveis climáticas e do próprio manejo, vem sendo reconhecida como um dos principais limitantes à produção animal em sistemas de criação baseados em pastagens (Silva et al., 1998).

Entre as alternativas para transpor a oscilação anual na disponibilidade e na qualidade das pastagens e tornar o sistema mais sustentável do ponto de vista produtivo, incluem-se o uso de volumosos

conservados (feno e silagem) e o fornecimento de forragem verde no cocho (Tomich, 2003). A ensilagem é uma prática de conservação de forragens, baseada na fermentação ácido láctica espontânea sob condições de anaerobiose, dando origem a um alimento denominado silagem, utilizado como um importante volumoso na alimentação de ruminantes. Várias culturas podem ser utilizadas para sua produção, sendo as culturas do milho e sorgo as mais tradicionais, no entanto, tem-se a necessidade de estudar novas opções forrageiras, produtivas e que possam produzir silagem de qualidade. Isto devido às diferentes condições edafo-climáticas do território nacional e a competição dos grãos de algumas culturas no mercado de cereais.

O milheto apresenta-se como opção interessante para a produção de silagem, pois é uma planta de clima tropical, produtiva, que apresenta boa composição nutricional e pode ser cultivado com sucesso no período de safinha ou em regiões sujeitas a veranicos ou secas, onde normalmente culturas como o milho e sorgo não se desenvolvem bem. Além disso, é um cereal que, no Brasil, não é utilizado na alimentação humana e possui pequena participação na alimentação de aves, suínos e peixes. No entanto, para que a utilização da silagem de milheto possa ser feita de forma racional e segura, são necessárias mais informações quanto ao seu valor nutritivo. A utilização racional dos alimentos evita o uso de nutrientes em excesso, reduz a excreção destes no meio ambiente, melhorando a lucratividade, competitividade e sustentabilidade da atividade. Para uma completa avaliação do valor nutritivo dos alimentos, além da sua composição química, o consumo, digestão, absorção e metabolismo animal devem ser considerados. As provas de digestibilidade

permitem examinar a proporção de nutrientes absorvíveis presentes em uma ração, tornando-se disponível para o animal. A digestibilidade e o consumo são dois dos principais componentes que determinam a qualidade de um alimento. Portanto, as estimativas de digestibilidade têm grande valor prático para a alimentação animal, tendo em vista que a digestão incompleta representa perda no processo da utilização da energia consumida.

No Brasil poucos são os estudos relacionados à silagem de milho. Assim, trabalhos que avaliem a composição química associada a ensaios de consumo e digestibilidade são de grande importância na determinação do valor nutritivo deste alimento, pois norteiam o melhoramento genético da cultura e a sua utilização na alimentação de ruminantes.

O objetivo do presente estudo foi determinar o valor nutricional das silagens de três genótipos de milho, por meio de ensaios de consumo e digestibilidade aparente, degradabilidade *in situ* e técnica *in vitro* semi-automática de produção de gases. No Capítulo II foi realizada uma revisão de literatura sobre a planta do milho e as técnicas utilizadas para avaliação do valor nutricional das silagens, com intuito de dar suporte para a discussão dos resultados. No Capítulo III foi feito um estudo de consumo e digestibilidade aparente, utilizando carneiros como unidade experimental. O Capítulo IV consistiu em avaliar as silagens pela técnica de degradabilidade *in situ* e no Capítulo V as mesmas foram avaliadas pela técnica *in vitro* semi-automática de produção de gases. Desta forma, pôde-se confrontar os valores de consumo, digestibilidade e degradabilidade, determinando assim, o valor nutritivo das silagens dos genótipos de milho BRS-1501, NPM-1 e CMS-3.

CAPÍTULO II - REVISÃO DE LITERATURA

I - UTILIZAÇÃO DO MILHETO PARA PRODUÇÃO DE SILAGEM

2.1.1. INTRODUÇÃO

Descendente de uma gramínea silvestre do oeste africano, o milheto foi domesticado há mais de quatro mil anos, provavelmente no que é hoje o deserto do Saara. Ao longo do tempo, a cultura foi dispersando-se para o leste da África e depois para a Índia, constituindo-se esses locais em importantes centros de diversidade genética. Em seguida, a cultura disseminou-se pela Península da Arábia e pelo leste e sul da África (NRC, 1996). Atualmente, o milheto é o sexto cereal mais importante do mundo, crescendo como cultura alimentícia e cultivado em 26 milhões de hectares nos trópicos semi-áridos e utilizado como forragem no sul dos Estados Unidos, Sul da África e Austrália. No Brasil, os primeiros relatos são provenientes do Rio Grande do Sul no ano de 1929, desde então, a introdução de novos cultivares associados a pesquisas de campo promoveram a disseminação da cultura pelo país. A cultura do milheto passou a ter destaque nos cerrados no início dos anos 90, quando começou a ser utilizada no sistema de plantio direto, e pode-se considerar que, a partir dessa associação, o sistema conseguiu se estender às demais regiões (Netto e Durães, 2005). A área plantada total no país, é de 2,1 milhões de hectares, distribuídos nos estados de Mato Grosso do Sul, Mato Grosso, Goiás, Minas Gerais, Rio Grande do Sul e Paraná (Bonamigo, 1999). Nesta área, a cultura do milheto destina-se à produção de palhada para plantio direto, produção de forragem para pastejo,

implantação e recuperação de pastagens e para produção de silagem e grãos.

2.1.2. SISTEMÁTICA E DESCRIÇÃO BOTÂNICA DA PLANTA

O milheto é uma planta pertencente à família *Poaceae* (*Gramineae*), subfamília *Panicoideae*, tribo *Paniceae*, subtribo *Panicinae*, gênero *Pennisetum* (Brunken, 1977). Vulgarmente denominado Pearl millet, Bulrush millet, Spiked millet, Cattail millet, Bajra, Pasto italiano ou Capim-Charuto, esta planta apresenta uma variada história taxonômica. Inicialmente era conhecido como *Pennisetum americanum* (L.) Leeke ou *P. typhoides* (L.) Stapf e Hubb, entretanto, a nomenclatura atualmente reconhecida como mais apropriada e autêntica é *Pennisetum glaucum* (L) R. Br. (Andrews e Rajewski, 1995; Lima, 1997, Barbosa, 2000). O gênero *Pennisetum* está distribuído em todo o mundo, tanto nos trópicos como nos subtropicais, e abrange cerca de 140 espécies. A espécie africana *Pennisetum glaucum* (L) R. Br. é o mais antigo nome do milheto-pérola cultivado.

É uma espécie diplóide com $2n = 14$ cromossomos. E pode ser descrita, de forma geral, como uma gramínea vigorosa anual, ereta, de crescimento rápido, com longos caules, folhas e panículas, podendo atingir de 1 a 4 metros de altura. Os caules são compactos e sem pêlos, exceto abaixo da espiguetta e nos nós. As folhas são longas, ásperas e delgadas, com superfície lisa ou pilosa. A nervura central da folha pode ser proeminente ou não, perpendicular ou encurvada em relação ao caule

(Parthasarathy, 1998), medindo de 20 a 100 cm de comprimento e 5 a 10 mm de largura. A inflorescência é uma densa espiguetta (similar a uma panícula) com 10 a 50 cm de comprimento e 0,5 a 4,0 cm de diâmetro, com formato cilíndrico e estreitada no ápice ou nas duas extremidades (Bogdan, 1977). O eixo da espiguetta dá origem a numerosos pedúnculos de 2-2,5 mm de comprimento, que podem produzir mais de 870 a 3000 sementes (Skerman e Riveros, 1990; Andrews e Rajewski, 1995). Planta de polinização cruzada, apresenta uma considerável diversidade morfológica e ampla variabilidade genética para grande parte das características de importância agrônômica, permitindo assim, que novas combinações de caracteres possam aparecer em cada geração (Bogdan, 1977; Serna-Saldivar, 1991; Barbosa, 2000).

2.1.3. CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS

O milheto caracteriza-se por ser uma gramínea anual de verão, de ciclo curto e se destaca como forrageira por sua habilidade em desenvolver-se em estações chuvosas curtas, com baixas precipitações pluviométricas e pelo crescimento rápido, boa capacidade de rebrota e boa qualidade como forragem, permitindo produção de forragem de qualidade em curto espaço de tempo. (Bogdan, 1977; Lima et al., 1997; Bonamigo, 1999).

A grande tolerância desta cultura à seca deve-se ao seu sistema radicular agressivo, que pode alcançar 3,60 metros de profundidade (Skerman e Riveros, 1992, citados por Bonamigo, 1999) e à sua eficiência na transformação de água em matéria seca, pois necessita de cerca 300 a 400 gramas de água para produzir 1 grama de matéria seca. Estima-se que o milheto forrageiro utiliza 70% da água consumida pelo milho para produzir a mesma quantidade de matéria seca, sendo capaz de

vegetar em regiões com precipitações pluviométricas inferiores a 400 mm anuais, já que é cultivado na Índia, onde a pluviosidade é de apenas 130 a 180 mm por ano (Perret e Scatena, 1985). O ciclo vegetativo é curto, variando de 60 a 90 dias para variedades precoces e 100 a 150 dias para as tardias, com uma temperatura ótima de crescimento de 28 a 30° C (Perret e Scatena, 1985), não suportando temperaturas inferiores a 10 °C (Skerman e Riveros, 1990). É uma cultura influenciada pelo fotoperíodo, de modo que, quanto mais tardiamente for realizado o plantio, menos dias a planta levará da germinação ao florescimento, que ocorre, geralmente, por volta de 10 a 12 semanas após o plantio. A sua utilização para pastejo pode ser feita entre quatro a seis semanas após a semeadura, ou cerca de trinta dias após a sua emergência (Bogdan, 1977; Skerman e Riveros, 1990; Kichel et al., 1999).

Vai bem em solos com altas concentrações de alumínio, baixo pH e alta salinidade, porém a cultura não resiste a solos encharcados. É tolerante à baixa fertilidade do solo, mas apresenta alta resposta de produção em solos férteis ou adubados, desenvolvendo-se melhor em solos arenosos, onde seu sistema radicular é mais vigoroso (Bogdan, 1977; Freitas, 1988; Andrews e Rajewski, 1995; Bonamigo, 1999; Kichel et al., 1999).

2.1.4. PLANTIO E SEMEADURA

A lavoura do milheto é estabelecida por sementes, jogadas a lanço ou plantadas em sulcos. O plantio a lanço pode ser em área sem cultura instalada ou em área cultivada com cultura em estágio de colheita (sobre semeadura). Nessas condições, a semeadura a lanço pode ser feita manualmente, com equipamento aplicador de calcário ou por avião (Pereira Filho et al., 2003), sendo que as sementes devem ser incorporadas

levemente com grade niveladora, tanto após a colheita da cultura de verão como na primavera (Bonamigo, 1999). Segundo Maraschin (1979) para assegurar boas condições de estabelecimento, enraizamento, crescimento e rebrota, recomenda-se aração, seguida de gradagem e passagem de rolo compactador após a semeadura. O uso de uma grade leve em área não cultivada, sem chuvas, ajuda a semente a aderir ao solo e induzir o processo de germinação, além de garantir uma boa germinação (Scaléa, 1998).

A profundidade de plantio também é um fator importante para a implantação da cultura do milho devido ao pequeno tamanho da sua semente. Quando semeado em sulco para a produção de sementes ou grãos, deve se levar em conta o tipo de solo. Em solo arenoso, a semente deve ser colocada um pouco mais profunda para ficar em contato com a umidade. Em solo argiloso, o plantio deve ser em menor profundidade, pois esse tipo de solo retém mais água na superfície. No geral, para as condições de solos do Brasil a profundidade de semeadura pode variar de 2 cm a 4 cm (Pereira Filho et al., 2003).

Em plantio de safrinha, após a cultura de soja ou milho, o milho vem sendo cultivado apenas no resíduo de adubação dessas culturas, com produção bastante satisfatória no Brasil central.

2.1.5. PRINCIPAIS CULTIVARES UTILIZADOS NO BRASIL

No Brasil, o número de cultivares de milho são em número reduzido. Segundo Pereira Filho et al (2003) e Netto e Durães (2005) os cultivares de maior destaque no país, bem como as suas características estão listados abaixo: COMUM: De acordo com Bonamigo (1999) essa variedade, foi introduzida por um padre italiano no início dos anos 60 e, por isso, ficou conhecida

também como pasto italiano. Segundo Netto (1998), essa variedade apresenta porte médio (1 a 1,60 m), desenvolvimento desuniforme e espiguetas de tamanho variado (12 a 25 cm). Ela é utilizada basicamente para cobertura do solo em áreas de plantio direto.

IPA-BULK 1: Variedade desenvolvida pela Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária e pela Universidade Federal de Pernambuco lançada em 1977, composta e com aptidão para produção de forragem na mesorregião do Agreste de Pernambuco (Tabosa et al, 1999).

SYNTHETIC-1: Variedade também desenvolvida pela Empresa Pernambucana de Pesquisa agropecuária e pela Universidade Federal de Pernambuco, é um composto adaptado para produção de grãos no Sertão de Pernambuco (Tabosa et al,1999). Essa variedade, avaliada em Chapada do Araripe e em Serra Talhada-PE em dois espaçamentos de 0,50 e 1m, apresentou produção de grãos variando de 950 a 1.650 kg/ha.

BN-1 e BN-2: Variedades originadas de um trabalho de seleção massal fenotípica com o intuito de melhorar cultivares locais, utilizados no Mato Grosso do sul (Bonamigo, 1999).

BN-1: Essa variedade apresenta porte de 170 a 230 cm, tem desenvolvimento muito uniforme e panículas grandes - 50 cm ou mais.

BN-2: Apresenta ciclo tardio, hábito ereto, porte de 140 a 220 cm, panícula grande (20 a 35cm), boa produção de sementes, grande perfilhamento e boa tolerância à acidez de solo. A variedade tem produção média de 45 t de massa verde quando semeada em fevereiro e, quando semeada em março, produz cerca de 37 toneladas (t) de matéria verde (MV) por hectare (ha). É sensível ao carvão e seu pastejo ocorre aos 45-50 dias

após a emergência. A BN-2 é uma cultivar indicada para plantios tardios ou na safrinha.

BRS 1501: Variedade lançada pela Embrapa Milho e Sorgo, adaptada para produção de massa em sistemas de plantio direto. Essa cultivar adapta-se a condições que oferecem riscos de déficit hídrico e apresenta bom potencial de produção de grãos (2,5 t/ha). É uma variedade de polinização aberta, originada por seleção massal de uma população americana. Possui ciclo médio (floresce aos 50 dias), boa capacidade de perfilhamento e tem mostrado boa recuperação na rebrota. O seu plantio é recomendado para as regiões Sudeste, Centro-oeste e Sul. De acordo com Guimarães Jr (2003) este material, plantado em período de safrinha, apresentou produção de matéria seca satisfatória, aliado ao bom valor nutritivo, qualidade e perfil de fermentação da sua silagem, sendo indicada para este fim. No entanto, cuidados devem ser tomados na determinação do momento de colheita e ensilagem desta cultura, em função do acamamento, que é um problema para fabricação da silagem de milheto.

ENA 1: Cultivar oriundo a partir três cultivares de origem africana - Souna III, HKP e Guerguera. Cujas seleção visou à produção de palha e de grãos em solos de baixo teor de matéria orgânica, sem aplicação de fertilizantes e sem irrigação. Em plantios efetuados na UFRRJ sem adubação e na estação das águas, produziu 32 tMV/ha na floração, 7 tMS/ha e 2.600kg/ha de grãos na maturação fisiológica. No plantio das secas, nas mesmas condições, produziu 11,3 tMV/ha na floração, 2,1 tMS/ha e 810 kg/ha de grãos na maturação fisiológica. A ENA 1 é sensível à ferrugem (*Puccinia substriata*).

ADR 300 e ADR 500: Cultivares de porte uniforme, que apresentam boa produção de grãos (1500 – 2300 kg/ha) e de matéria verde (29 – 52 t/MV/ha em 3 cortes) e

maior resistência às doenças, principalmente à ferrugem. As duas cultivares estão sendo recomendadas para produção de massa e grãos, sendo que a ADR 300 apresenta ciclo precoce (92 dias até a colheita) e a ADR 500 tem ciclo tardio (100 dias).

NPM-1 (Nebraska Population Millet): É uma população de polinização aberta oriunda do programa de melhoramento da Universidade do Nebraska – USA.

CMS-3: É uma população de polinização aberta do programa de melhoramento da Embrapa Milho e Sorgo.

2.1.6. PRODUTIVIDADE

A produção forrageira varia em função das condições climáticas, fertilidade do solo, época de semeadura, intervalo entre cortes, estágio de desenvolvimento e cultivar utilizada. Segundo Bonamigo (1993) citado por Scaléa (1998), o milheto pode produzir, sem adubação, dependendo da época de plantio, de 20 a 70 t de matéria verde (MV) por hectare. Bogdan (1977) cita produções variando de 3 a 20 toneladas (t) de matéria seca (MS) por hectare (ha), dependendo do clima, solo, adubação e cultivares, sendo que rendimentos de 7 a 10 tMS/ha podem ser aceitos como valores médios em campos experimentais e/ou fazendas bem manejadas.

Silva et al. (1995) estudando a influência de épocas de semeadura (1ª quinzena de setembro a 2ª quinzena de janeiro) sobre a produção e matéria seca do milheto, sorgo sudão e teosinto, concluíram que a produção média de MS diferiu significativamente entre as espécies, sendo de 112,4; 9,76 e 6,67 t/ha, respectivamente, para sorgo sudão, milheto e teosinto. A melhor época de semeadura visando maior produção de MS por hectare para o milheto foi a partir da segunda quinzena de

setembro. Em experimento realizado em Viçosa – MG, Pereira et al. (1993), avaliaram o milheto plantado em duas épocas distintas. O primeiro plantio foi realizado em 29/03/1988, e o segundo em 25/04/1988. As plantas do primeiro plantio foram cortadas entre 64 e 84 dias de idade, produzindo, em média, 8,4 tMS/ha e 1,37 tPB/ha. Já as plantas do segundo plantio, foram colhidas aos 100 dias de idade, produzindo, em média, 9,6 tMS/ha e 0,93 tPB/ha. No primeiro corte o milheto produziu mais matéria seca e proteína bruta por hectare do que a aveia, e, quando comparado a um híbrido de sorgo (*Sorghum bicolor* x *Sorghum sudanense*), mostrou produtividade superior em ambos os cortes, demonstrando a habilidade produtiva do milheto sob condições de restrição hídrica. Produções de 11,08 tMS/ha foram registradas por Almeida et al. (1993) durante o verão, na região de Lavras, Minas Gerais. Herderlong e Garcia (1990), citados por Messman et al. (1992), observaram produção de 10,3 tMS/ha durante um verão quente e seco nos Estados Unidos. Freitas (1988) também durante o verão encontrou em quatro cortes, produções médias de 10,72 tMS/ha e 78,6 tMV/ha. Bishnoi et al. (1993) relataram que a produção de forragem verde para três estágios de crescimento (florescimento, grão pastoso e crescimento pleno) foram, respectivamente 54,1, 55,9, 52,9 tMV/ha. Já Guterres et al. (1976) obtiveram produções no estádio de florescimento de 13 t, seguida de 10,4 t no estádio de emborrachamento e 5,8 tMS/ha no estádio vegetativo. Chaves (1997), encontrou valores de 30.094 kg/ha e 10.352 Kg/ha para produção de matéria verde e matéria seca das silagens de milheto respectivamente.

No nordeste brasileiro o rendimento forrageiro foi de 1,2 a 7,5 tMS/ha, em Pernambuco e de 2,7 a 5,6 tMS/ha na Paraíba (Lira et al., 1977). Já no Rio Grande do Sul, Freitas e Saibro (1976), citados por Chaves (1997), obtiveram

rendimento de 10, 7 tMS/ha de milheto comum. Neste mesmo estado Seiffert e Prates (1978) encontraram produções de MS/ha variando de 13,4 a 15,1 t/ha para o milheto, valores estes superiores aos obtidos para a cultura de milho, cujos valores oscilaram de 9,5 a 10,98 t/ha.

Para comparar a produção das silagens de milheto, milho e sorgo no período de safrinha, Kichel (1999) avaliou as três culturas plantadas no final de fevereiro e encontrou valores para produção de silagem em t/ha e produção de matéria seca por hectare em kg/ha de: 31,0 e 8.680; 27,0 e 8.100; 19,2 e 5.760, respectivamente para o milheto, milho e sorgo. Segundo o autor, o milheto pode substituir o milho e o sorgo, com ganhos em produtividade, quando cultivado em safrinha.

Produções superiores foram obtidas por Andrade e Andrade (1982), onde o milheto colhido no estádio farináceo/duro produziu cerca de 80,1 tMV, equivalendo a 21,9 tMS/ha.

Guimarães Jr (2003) encontrou produção média de matéria verde para três genótipos de milheto cortados aos 82 dias de 30,45 t/ha e valor médio para a rebrota de 6,4 t/ha. Os valores correspondentes em matéria seca foram, respectivamente 6,83 t MS/ha e 0,85 tMS/ha. Valores inferiores foram obtidos por Amaral (2003) que avaliou três genótipos de milheto em quatro idades de corte. O período de maior produção de matéria seca foi obtido aos 90 dias, com valor médio de 1008,47 kg/ha.

Para produção de grãos, Jain e Bal (1997) relatam que, na Índia, variedades tradicionais produzem de 300 a 500 Kg/ha, enquanto os híbridos alcançam produções entre 1300 e 2400 Kg/ha. Andrews e Rajewski (1995) relatam que, sob condições ótimas de cultivo, a produção de grãos pode saltar para 5000 kg/ha.

2.1.7. COMPOSIÇÃO QUÍMICA, QUALIDADE DA SILAGEM E DESEMPENHO ANIMAL

Embora cerca de 95% do milho produzido para utilização na alimentação animal seja utilizado para o consumo de grãos, essa cultura também produz forragem verde de qualidade que provê uma boa quantidade de matéria seca para produção de silagem. Em função da sua rusticidade e adaptação a plantios de fim de verão e princípio de outono, o milho é uma alternativa interessante para produção de silagem em regiões com problemas de veranico ou seca ou em plantios de sucessão ou safrinha, após a colheita da cultura principal (Andrade e Andrade, 1982; Pereira et al., 1993). Somado a isto esta cultura possui características de estabelecimento fácil e rápido, boa capacidade de rebrota, além de uma boa palatabilidade (Khairwal et al., 1990).

Segundo Kichel et al. (1999), para a produção de silagem o milho pode substituir o milho e o sorgo com ganhos em produtividade e qualidade quando cultivado em safrinha ou tardiamente. Roy et al. (1994) analisaram silagem de milho feita com plantas colhidas acima de 12 semanas de idade, e encontraram os seguintes valores: 29,21% de MS; 16,92% de PB; 25,32% de FB; 66,28% de fibra em detergente neutro (FDN); 34,46% de fibra em detergente ácido (FDA). Trabalhando com silagem de milho contendo 23,4% de MS, 12% de PB, 66,6% de FDN e 42,5% de FDA, Messman et al. (1992) não encontraram diferenças estatísticas relacionadas aos valores de consumo de matéria seca em porcentagem do peso vivo, produção de leite e digestibilidade aparente da matéria seca para vacas no terço médio de lactação, alimentadas com silagens de milho, ervilha mais triticale e milho mais alfafa.

Plantas colhidas no estágio de grão pastoso (24,4% de MS) renderam a Bishnoi et al. (1993) silagem contendo 30,4% de MS; 6,8% de PB; 42,3% de FB. Entretanto, antes da ensilagem, os autores reduziram o teor de umidade do material até níveis entre 65 e 70%. Segundo os autores, ainda são necessárias informações adicionais a respeito do ponto ideal de colheita para obtenção de uma maior produção de forragem e silagem de milho com bom valor nutricional.

O emurchecimento é uma prática que pode ser utilizada para obtenção de silagem de melhor qualidade. Estudando o efeito do emurchecimento sobre a qualidade da silagem de milho, Machado Filho e Mühlbach (1986) colheram e ensilaram as plantas com 45 dias de rebrote no estágio de grão leitoso, obtendo 28,1% de MS para silagem emurchecida e 18,4% de MS para silagem sem emurchecimento. O emurchecimento resultou numa redução no teor de ácido láctico e aumento na proporção de nitrogênio amoniacal, sem que estas alterações fossem, no entanto, suficientes para desqualificar a silagem. Neste mesmo estudo, observou-se que o teor de matéria seca da forragem aumentou sem que houvesse redução na concentração de carboidratos solúveis. Kichel (1999) comparou silagens de milho, milho e sorgo plantados em período de safrinha (final de fevereiro), ensilados em maio e analisados após 60 dias. Os valores de proteína bruta e digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica encontrados foram 12,0 % e 53,4% para o milho, 7,8% e 60,0% para o milho e 7,0% e 58,0% para o sorgo.

Para silagem de milho, foram relatados valores de pH de 3,53 até 5,91 (Figueiredo & Mühlbach, 1984, citados por Machado Filho e Mühlbach, 1986). Entretanto, para silagem de plantas colhidas no estágio de grão pastoso, Machado Filho e Mühlbach (1986) encontraram valor de pH de 4,1,

enquanto que Bishnoi et al. (1993) e Roy (1994) encontraram pH de 4,3.

Amaral (2003) avaliando três cultivares de milho submetidos a duas idades de corte para produção de silagem encontraram teores de MS variando entre 23,53 a 34,29%, PB de 8,47 a 10,06%, FDN de 72,58 a 75,44 %, FDA de 37,83 a 38,06%, para as silagens confeccionadas aos 70 e 90 dias. Quanto à qualidade da silagem, os valores médios de pH variaram de 3,58 a 3,78 e nitrogênio amoniacal em percentagem do nitrogênio total de 1,83 a 2,46%. Guimarães Jr (2003) avaliou a qualidade e perfil de fermentação de silagens de três genótipos de milho (CMS-1, BRS-1501 e BN-2) plantados na safrinha. Os teores médios de MS, PB, FDN, FDA e digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) das silagens após 56 dias de fermentação foram, respectivamente, 23,64%, 10,43%, 54,57%, 32,06% e 54,85%. Ainda neste trabalho, foram obtidos teores médios de pH de 3,62, nitrogênio amoniacal em relação ao nitrogênio total de 8,75% e baixos valores de ácido acético (< 2%) e butírico (0,02%). Este experimento demonstrou o bom valor nutritivo e qualidade da silagem de milho, sendo o mesmo indicado como uma boa opção para produção de silagem no período de safrinha. De acordo com a Tabela Brasileira de Composição de Alimentos para Bovinos (Valadares Filho et al., 2006) a silagem de milho possui, em média, 26,28% de MS, 8,04% de PB, 3,28% de extrato etéreo (EE), 73,04% de FDN, 38,25% de FDA, 4,26% de lignina e 60,23% de NDT.

Chaves (1997) estudando o valor nutritivo da silagem de milho obteve os seguintes valores: 32,62 % de MS; 9,51 % de PB; 6,32 % de EE; 68,50 % de FDN; 34,70 % de FDA; 8,56 % de Carboidratos solúveis (CHOS); 3,42 de pH.; 4.248.20 Kcal/Kg EB; 5,52 % Minerais; 0,39 % Ca; 0,18 % Fósforo. Teores de 33,80 %, 7,80 %, 34,15

% foram encontrados para hemicelulose (HEM), lignina (LIG) e celulose (CEL) respectivamente.

Comparando diferentes tipos de forragens e sistemas de manejo na produtividade da vaca e do bezerro durante o meio do verão norte americano (julho a setembro), Harvey et al. (1988) verificaram que os ganhos médios diários dos bezerros variaram de 0,930 kg a 1,10 kg e não foram influenciados pelas dietas constituídas por pastagens de milho, pastagens nativas *Trifolium pratense L.* - Kentucky bluegrass (*Poa pratensis L.*) e pelo fornecimento limitado de concentrado. Desempenhos semelhantes por hectare foram obtidos para a pastagem nativa (controle) e para pastagens de milho. O milho apresentou-se como forragem de boa qualidade durante o período do verão.

Uteley et al. (1995) relataram os valores de duas silagens de milho que foram avaliadas na alimentação de novilhos em crescimento quando comparadas à silagem de milho. A primeira silagem de milho foi cortada e submetida ao processo de murchamento, a segunda, após ser cortada, foi inoculada com um aditivo microbiano. Os valores da composição química das silagens de milho foram respectivamente: 30,0 e 18,2% MS, 15,3 e 13,4% PB; 59,0 e 59,9% FDN, 41,5 e 38,4% FDA, 19,4, e 17,9% Carboidratos não estruturais. O teor de proteína bruta das silagens de milho foi em média duas vezes o valor da silagem de milho, 15,3% e 13,4% para silagens de milho e 7,3% para silagem de milho.

Quando se avaliou a produção e a qualidade da forragem e da silagem do milho em comparação a variedades de sorgo granífero, sorgo forrageiro e um híbrido de sorgo e capim sudão (Sudax) colhidos em diferentes estágios de crescimento, os resultados mostraram que o milho produziu mais forragem e silagem que o Sudax, sorgo granífero e forrageiro. No

estágio farináceo a produção de matéria seca foi maior, e o milheto e o sorgo forrageiro produziram significativamente mais matéria seca que as outras culturas; O milheto produziu 1,5 a 2 vezes mais MS que o Sudax e os sorgos granífero e forrageiro, produziu também mais silagem e apresentou maior concentração de cinzas que as outras culturas. A PB contida no milheto foi significativamente menor no estágio de florescimento, mas foi similar às outras culturas no estágio leitoso e farináceo. Os valores para pH indicaram que todas as silagens foram adequadamente fermentadas (Bishnoi et al. 1993).

Objetivando determinar os efeitos da substituição da silagem de ervilha/tritcale ou silagem de milheto pela silagem de milho mais alfafa para vacas no meio da lactação, Messman et al. (1992), alimentaram dezoito vacas holandesas com dietas à base de silagem de ervilha/tritcale, silagem de milheto ou alfafa mais silagem de milho (dieta controle). Grupos de seis vacas foram submetidas a uma das três dietas por um período experimental de 64 dias. Os resultados indicaram que a digestibilidade da MS não foi diferente para silagem de milheto e a dieta controle. Os componentes fibrosos da silagem de milheto foram mais digestíveis que a dieta controle, devido a sua menor lignificação. A produção de leite corrigida para 4% de gordura não foi afetada pelas dietas de ervilha mais silagem de tritcale ou silagem de milheto comparado com a dieta controle (25,2, 23,2, e 24,5 Kg/dia). Também foi observado que o padrão de fermentação da silagem de milheto foi semelhante ao daquelas silagens típicas de milho.

No Brasil existem poucos estudos relacionados à silagem de milheto; entretanto, a produção de quantidades elevadas de forragem de alta qualidade, associada a características químicas que favoreçam padrões desejáveis de fermentação, devem nortear a produção de

silagem a partir do milheto (Lima et al., 1997).

2.1.8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, E.X.; TCACENCO, F.A.; STUCKER, H.; GROSS, C.D. Avaliação de cultivares de sorgo, milho, milheto e teosinto para o vale do Itajaí. *Agrop. Catarinense*, v.6, n.3, p.25 - 29, 1993.

AMARAL, P. N. C. Silagem e rolão de milheto em diferentes idades de corte. 2003. 78p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia).- Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

ANDRADE, J. B.; ANDRADE, P. Produção de silagem de milheto (*Pennisetum americanum* (L.) K. Schum.). *Bol. Ind. Anim.*, v.39, n.1, p.67-73, 1982.

ANDREWS, D. J.; RAJEWSKI, J. F. Reading, characteristics and use of pearl millet. In: FIRST NATIONAL GRAIN PEARL MILLET SYMPOSIUM, 1995, Georgia. *Proceedings...* Tifton: Georgia, 1995. p.1-4.

ANUALPEC 2005. *Anuário da Pecuária Brasileira*. São Paulo: FNP Consultoria e Comércio, 2005. 340p.

BARBOSA, S. *Citogenética de Híbridos entre Pennisetum purpureum Schumack e Pennisetum glaucum L. e seus Genitores*. 2000. 48p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

BISHNOI, U. R.; OKA, G. M.; FEARON, A. L. Quantity and quality of forage of pearl millet in comparison to Sudax, grain and forage sorghums harvested at different growth stages. *Trop. Agric.*, v.70, n.2, p.98-102, 1993.

- BOGDAN, A. V. *Tropical Pasture and Fodder Plants: Grasses and Legumes*. London: Longman, 1977. 241p. (Tropical Agricultural Series)
- BONAMIGO, L. A. A cultura do milheto no Brasil, Implantação e desenvolvimento no cerrado. In: WORKSHOP INTERNACIONAL DE MILHETO, 1999, Brasília. *Anais...* Brasília: EMBRAPA, 1999, p. 31-65.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Agronegócio Brasileiro: Uma Oportunidade de Investimentos. Disponível em <http://www.agricultura.gov.br/>. Acesso em 06 de março de 2006.
- BRUNKEN, J. N. A systematic study of *Pennisetum* sect *Pennisetum* (Graminea). *Am. J. Botany*, v. 64, n. 2, p. 161-176, 1977.
- CEPEA. PIB do Agronegócio 1994 a 2005. Disponível em http://www.cepea.esalq.usp.br/pib/other/pib_agronegocio_1995_05.xls. Acesso em 06 de março de 2006.
- CHAVES, C. *Produção e valor nutritivo das silagens de capim sudão [*Sorghum sudanense* (Piper) Stapf, milheto (*Pennisetum americanum* (L.) Leek), teosinto (*Euchlaena mexicana* Schrad) e milho (*Zea mays* L.)*. 1997. 56p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.
- FREITAS, E.G. Milheto na produção de leite. *Agropec. Catarinense*, v.1, n.2, p.20 - 22, 1988.
- GUIMARÃES JR, R. *Potencial forrageiro, perfil de fermentação e qualidade das silagens de três genótipos de milheto [*pennisetum glaucum* (l). R. Br.]*. 2003. 44p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG.
- GUTERRES, E. P.; SAIBRO, J. C.; GOMES, D. B. et al. Manejo em milheto e sorgo para pastejo. *Anuár. Técn. IPZFO*, v.3, p.305-316, 1976.
- HARVEY, R.W.; BURNS, J. C. Creep grazing and early weaning effects on cow and calf productivity. *J. Anim. Sci.*, v.66, n.5, p.1109 – 14, 1988.
- JAIN, R. K.; BAL, S. Properties of Pearl Millet. *J. Agric. Eng. Res.*, v. 66, n. 2, p .85-91, 1997.
- KHAIRWAL, I. S.; RAM, C.; CHHABRA, A. K. *Pearl millet: seed production and technology*. New Delhi: Manohar. 1990. 208p.
- KICHEL, A. N.; MIRANDA, C. H. B.; SILVA, J. M. O milheto (*Pennisetum americanum* (L.) Leek) como planta forrageira. In: WORKSHOP INTERNACIONAL DE MILHETO, 1999, Brasília. *Anais...* Brasília: EMBRAPA, 1999, p.97 –103.
- LIMA, M. L. M.; CASTRO, F. G. F.; TAMASSIA, L. F. M. Culturas Não-Convencionais – Girassol e Milheto. In: PEIXOTO, A. M.; MOURA, J. C., NUSSIO, L. G., FARIA, V. P. *Anais do 7º Simpósio Sobre Nutrição de Bovinos*. Piracicaba: FEALQ, 1997. p.178-195.
- LIRA, M. A.; FARIS, M. A.; REIS, O. V.; TABOSA, J. N. Competição de variedades forrageiras de milheto em relação ao milho, sorgo e capim elefante. *Pesq. Agropec. Pernambucana*, v. 1, n. 1, p. 23-32, 1977.
- MACHADO FILHO, L. C. P.; MÜHLBACH, P. R. F. Efeito do emurchecimento na qualidade da silagens de Capim – Elefante (*Pennisetum purpureum* Schumach.) e de Milheto

- (*Pennisetum americanum* (L.) Leeke), avaliadas quimicamente. *Rev. Socied. Bras. Zootec.*, v.15, n.3, p.224 – 233, 1986.
- MARASCHIN, G. E. Potencial produtivo de gramíneas forrageiras de verão no sul do Brasil. *Lav. Arrozreira*, v.32, n.315, p.18-24, 1979.
- MESSMAN, M.; WEISS W. P.; HENDERLONG, P. R.; SHOCKEY, W. L. Evaluation of Pearl Millet and Field Peas Plus Triticale Silages for Midlactation Dairy Cows. *J. Dairy Sci.*, v.75, n.10, p.2759 – 2775, 1992.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. *Lost crops of Africa: Grains*. Washington, DC: National Academy Press, 1996. v.1, 408p.
- NETTO, D. A. M. *A cultura do milheto*. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 1998. 6 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Comunicado Técnico, 11).
- NETTO, M.; DURÃES, F. O. M. *Milheto: tecnologias de produção e agronegócio*. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2005. 215p.
- PARTHASARATHY, S. *Pearl millet (En), du mil (Fr), ; Pennisetum glaucum (L) R. Br.* Disponível em: <http://www.cigar.org/icrisat/crops1.html>. Acesso em 12 junho de 2006.
- PEREIRA FILHO, I. A.; FERREIRA, A. S.; COELHO, A. M., et al. *Manejo da cultura do milheto*. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica 29, 2003. 17p.
- PEREIRA, O.G.; OBEID, J.A.; GOMIDE, J.A. et al. Produtividade e valor nutritivo de aveia (*Avena sativa*), milheto (*Pennisetum americanum*) e de um híbrido de *Sorghum bicolor* X *S. sudanense*. *Rev. Soc. Bras. Zootec.*, v. 22, n. 1, p.22-30, 1993.
- PERRET, V.; SCATENA, C. M. *Milheto: Um cereal alternativo para os pequenos produtores do Sertão da Bahia*. Salvador: EMATER - BA - CPATSA, 1985. 103p. (Série Pesquisa e Desenvolvimento, 9).
- ROY, B.; BISWAS, P.; DAS, M. K. Nutrient changes of Hybrid Napier (*Pennisetum thipoides*) and Thin Napier (*Pennisetum Polystachyon*) ensiled in polyethylene sacs and dry matter disappearance in rumen. *Ind. J. Anim. Health*, v.33, n.1, p.21 - 23, 1994.
- SCALÉA, M.J. Perguntas e respostas sobre o plantio direto. *Informações Agronômicas*, Piracicaba, n.83, p.1-8. 1998. Encarte técnico.
- SEIFFERT, N. F.; PRATES, E. R. Forrageiras para a ensilagem. II – Valor Nutritivo e Qualidade de Silagem de Cultivares de Milho (*Zea mays*, L.), Sorgos (*Sorghum* sp.) e Milhetos (*Pennisetum americanum*, Schum). *Rev. Soc. Bras. Zootec.*, v. 7, n.2, 1978.
- SERNA-SALDIVAR, S. O.; McDONOUGH, C. M.; ROONEY, L. W. The Millets. In: *Handbook of Cereal Science and Technology*. New York: Marcel Dekker Inc., 1991. p.271-300.
- SILVA, A. W. L.; MACEDO, A. F.; FRANCISCATO, C. Produção de matéria seca de milheto, sorgo sudão e teosinto, sob diferentes épocas de semeadura no Planalto Serrano Catarinense. In: REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 32, 1995, Brasília. *Anais...* Brasília:SBZ, 1995. p.92-94.
- SILVA, S. C.; PASSANEZI, M. M. Planejamento do sistema de produção a pasto. In: PEIXOTO, A. M.; MOURA, J. C.; FARIA, V. P. *Planejamento da Exploração Leiteira*. Piracicaba: FEALQ, 1998. p.121-142.

SKERMAN, P.J., RIVEROS, F. *Tropical grasses*. Roma: FAO, 1990. 832p.

TABOSA, J. N.; BRITO, A. R. M. B.; LIMA, G. S. de et al. Perspectivas do milheto no Brasil: Região Nordeste. In: WORKSHOP INTERNACIONAL DE MILHETO, 1999, Planaltina. *Anais...* Planaltina: Embrapa Cerrados, 1999, p.169-185.

TOMICH, T. R. *Potencial forrageiro de híbridos de sorgo com capim Sudão avaliados em regime de corte*. 2003. 88p. Dissertação (Doutorado em Ciência Animal) - Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG.

UTLEY, P. R.; GATES, R. N.; HANNA, W. W.; JOHNSON JR, J. C. "HGM – 100" Pearl millet silage for growing beef heifers. In: NATIONAL GRAIN PEARL MILLET SYMPOSIUM PROCEEDINGS, 1, 1995, Tifton. *Proceedings...* Tifton: Georgia, 1995. p. 138 – 141.

VALADARES FILHO, S. C.; MAGALHÃES, K. A.; ROCHA Jr., V. R. et al. *Tabelas brasileiras de composição de alimentos para bovinos*. Viçosa: UFV-DZO, 2006. 329p.

VALADARES FILHO, S. C.; MORAES, E. H. B. K.; MAGALHÃES, K. A. et al. Alternativas para otimização da utilização de uréia para bovinos de corte. In: SIMPÓSIO DE PRODUÇÃO DE GADO DE CORTE – SIMCORTE, 4, 2004, Viçosa. *Anais...* Viçosa: UFV, 2004. p.313-338.

II - CONSUMO VOLUNTÁRIO E DIGESTIBILIDADE APARENTE

Consumo voluntário corresponde a quantidade total ingerida por um animal ou grupo de animais, durante o período de tempo no qual os mesmos têm livre acesso ao alimento, sendo esse período, geralmente, correspondente a um dia. Se o consumo de alimentos é baixo, provavelmente a produção será deprimida, fazendo com que os requerimentos de manutenção se tornem grande parte da energia metabolizável, resultando numa baixa conversão alimentar. Por outro lado, quando o nível de consumo é muito alto, uma deposição excessiva de gordura pode ocorrer. Assim, o maior desafio do nutricionista seria adequar a quantidade e a qualidade da dieta às exigências nutricionais do animal (Forbes, 1995).

2.2.1. Fatores envolvidos na regulação do consumo

O consumo voluntário pode ser influenciado por fatores físicos e fisiológicos, sendo que a importância desses fatores varia em função da digestibilidade. Os fatores físicos têm mais importância em dietas com baixas digestibilidades e os fatores fisiológicos em dietas mais digestíveis (Conrad et al., 1964). Os fatores físicos estão relacionados à qualidade do alimento oferecido como: teor de MS, palatabilidade, relação concentrado/volumoso da dieta, distensão física do rúmen, retículo e abomaso, tamanho de partícula, além do efeito da mastigação, salivação e motilidade ruminal. Os fatores fisiológicos refletem os níveis ruminais e sanguíneos de produtos do metabolismo que agem sobre os receptores quimiostáticos e, estes, por sua vez, sobre o centro da saciedade. A temperatura ambiente, umidade relativa do ar, radiação

solar, pressão atmosférica, vento, nebulosidade, precipitação pluviométrica, peso corporal, idade, nível de produção e estado de saúde são fatores relacionados ao ambiente e ao animal que também estão envolvidos na regulação do consumo (Terada et al., 1957, Forbes, 1983; Thiago e Gill, 1990; Van Soest, 1994; West, 1996; Falco, 1997). Ingvarlsen (1994) e Mertens (1994) relataram que mais de 30 parâmetros relacionados ao animal, alimento, manejo, instalações e ambiente podem ser interferir na regulação do consumo.

Diversas teorias tentam explicar os mecanismos fisiológicos que controlam o consumo. Dentre elas, as teorias quimiostática, lipostática, termogênese, distensão gástrica, glicostática, entre outras, estando ligadas direta ou indiretamente ao sistema nervoso central (Conrad, 1966; West, 1996). Embora a teoria glicostática não possa ser atribuída a ruminantes, visto que estes animais não apresentam variações da glicemia após refeições, os ácidos graxos voláteis (AGV) derivados da fermentação ruminal, podem desempenhar função reguladora, pois a secreção de colecistoquinina (hormônio responsável pela saciedade) pode aumentar na presença destes ácidos (Forbes, 1983; Van Soest, 1994;). Segundo Forbes (1995) a energia é provavelmente o principal controlador do consumo.

2.2.2. Consumo e digestibilidade

Na determinação do valor nutritivo de um alimento o consumo voluntário e a digestibilidade são os parâmetros que assumem maior importância e estão diretamente relacionados (Forbes, 1983). Este conceito está implícito no índice de valor nutritivo, proposto por Crampton et al. (1960), que é o produto do consumo relativo e da digestibilidade. De acordo com Crampton (1957) e Van Soest (1994) o valor nutritivo de um alimento volumoso

está em função de sua contribuição para as necessidades energéticas diárias do animal e da quantidade consumida de forma espontânea. Com base nesta proposta, estes autores sugeriram que 70% do valor nutritivo de uma forragem está relacionado ao seu consumo e 30% à sua digestibilidade. Sendo assim, o consumo é determinante do aporte de nutrientes e conseqüentemente do atendimento das exigências nutricionais dos animais e é considerado a principal variável que influencia o desempenho animal. Este, juntamente com a digestibilidade e a eficiência energética, constituem-se nos parâmetros mais importantes relacionados com a qualidade dos alimentos (Menegatti 1999).

O consumo e digestibilidade são parâmetros interdependentes, sendo o primeiro relacionado à participação da fração fibrosa na forragem e o segundo à disponibilidade desta para a digestão (Van Soest, 1994). Conrad et al (1964) verificaram que em forragens com digestibilidades da matéria seca de até 66,7%, os fatores físicos apresentavam maior importância sobre o controle do consumo, tendo os fatores fisiológicos maior importância em forragens com digestibilidade superior a esta. Church e Pond (1977) afirmaram que a digestibilidade pode ser afetada por diversos fatores, dentre eles o nível de consumo. O mesmo foi verificado por Campling (1966) que verificou correlação positiva entre digestibilidade e consumo voluntário de alimento.

Uma indicação prática do valor nutritivo de uma forragem pode ser dada pela expressão de seu consumo voluntário diário em porcentagem do seu peso corporal (Crampton, 1957). Já Blaxter (1962) relaciona o consumo voluntário com o peso metabólico do animal e com a digestibilidade aparente da energia das forragens, sendo que o consumo aumenta

rapidamente quando a digestibilidade aumenta de 38 para 70%.

O coeficiente de digestibilidade é um dos principais parâmetros para se avaliar um volumoso, pois fornece uma noção do aproveitamento das diversas frações do alimento, indicando a proporção do alimento apta a ser utilizada pelo animal (Minson, 1990). Almeida (1992) afirmou que a qualidade de silagens pode ser considerada satisfatória, quando o coeficiente de digestibilidade aparente da matéria seca for superior a 50%.

2.2.3. Influência dos componentes fibrosos e da proteína bruta sobre o consumo e a digestibilidade

A relação dos vários constituintes da forragem com o consumo animal depende da sua associação com a estrutura da planta. O consumo voluntário é limitado primariamente pela taxa de digestão da celulose e da hemicelulose, sendo a taxa de digestão retardada por situações que interferem com o número ou atividade da microflora ruminal. Entre estes fatores destacam-se a maturidade avançada com excessiva lignificação, as deficiências que prejudicam o crescimento da flora ruminal e a presença em excesso de agentes bacteriostáticos. Forbes (1995) verificou alta correlação negativa entre o teor de fibra em detergente neutro (FDN) e o consumo de matéria seca para ruminantes. Segundo Oba e Allen (1992) o excesso de FDN na dieta, frequentemente, limita o consumo voluntário devido aos efeitos físicos dos alimentos exercidos sobre o rúmen e a diminuição da taxa de passagem. Já a FDA e a lignina se correlacionam negativamente com a digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS). Assim, a celulose está mais estreitamente correlacionada com o consumo do que com a digestibilidade, ao passo que a lignina está mais intimamente associada com a digestibilidade do que com

o consumo. De acordo com Saliba (1998) além da digestibilidade da matéria seca, o teor de lignina tem correlação negativa com a fibra bruta, celulose e com as hemiceluloses. A íntima associação física entre a lignina e os polissacarídeos da parede celular e as ligações covalentes são os maiores fatores limitadores do acesso das hidrolases microbianas ao substrato, limitando assim a digestibilidade dos polissacarídeos estruturais. A interferência da lignina sobre as enzimas que degradam a parede celular é considerada o mecanismo primário pelo qual a lignina limita a digestibilidade dos polissacarídeos estruturais (Moore e Hatfield, 1994).

Borges (1999) salienta que o tamanho das partículas da fibra também são importantes na determinação do consumo quanto ao volume do alimento ocupado no rúmen, pois com o aumento do tempo gasto com a ruminação, pode haver competição com o tempo disponível para a alimentação. Este autor sugeriu que a correlação existente entre FDN e consumo voluntário pode ser, em parte, creditada à relação entre FDN e ruminação (e consequente redução do tamanho de partículas).

O crescimento das bactérias responsáveis pela digestão da fibra no rúmen é comumente limitado pela deficiência de nitrogênio, e, nesta situação, a taxa de digestão da fibra é reduzida (Campling et al., 1961). Nascimento (1970) encontrou correlação positiva entre o teor de proteína da dieta e a digestibilidade da proteína e da energia. Já Holter e Reid (1959) relacionam a digestibilidade ao consumo de nitrogênio na dieta. Estes autores observaram aumento na concentração de energia digestível da dieta pela suplementação com farelo de soja, que contribuiu para o aumento na concentração e digestibilidade da PB. Para Van Soest (1994) à medida que as forragens amadurecem, a capacidade de ingestão de matéria seca pelo animal, diminui, principalmente devido ao aumento na

proporção de caules, tecidos lignificados e diminuição nos teores de nitrogênio. Nesta situação, os animais reciclam nitrogênio via saliva, no entanto a quantidade reciclada tem dependência relativa da quantidade ingerida, e normalmente não é suficiente para atender as necessidades da microbiota ruminal, que se situa entre 6 a 8% de PB. A razão para redução da ingestão se deve ao menor desenvolvimento microbiano e, conseqüentemente, redução na digestão da parede celular (Sniffen et al., 1993; Wilson e Kennedy, 1996).

Quando se deseja obter dados referentes ao coeficiente de digestibilidade dos nutrientes de alimentos ou rações, emprega-se a digestibilidade aparente. Para tal, é necessário medir a quantidade de alimentos ou nutrientes ingeridos e excretados pelo animal. Conhecendo-se a quantidade digerida, efetua-se uma regra de três, sendo seu resultado uma grandeza centesimal, que permite conhecer o coeficiente de digestibilidade do alimento ou nutriente (Silva e Leão, 1979).

2.2.4. Consumo voluntário e digestibilidade aparente da matéria seca de silagens de milho

Chaves (1997) obteve valores para consumo voluntário de matéria seca (CVMS), proteína bruta (CVPB), proteína digestível (CVPD), energia bruta (EB) e energia digestível (ED) de 23,10 g/unidade de tamanho metabólico (peso vivo^{0,75} – UTM)/dia, 2,57 g/UTM/dia, 1,81 g/UTM/dia, 98,69 Kcal/UTM/dia, 61,65 Kcal/UTM/dia, respectivamente para ovinos. Comparando o valor nutritivo de silagens de capim-sudão, milho, teosinto e milho para ovinos, Pinto et. al (1999) encontraram valores para CVMS em g/UTM/dia e digestibilidade aparente (DAMS) das silagens de capim-sudão, milho, teosinto e milho iguais a 57,73 e 61,18%; 23,10 e 65,16%; 54,12 e 66,25%,

67,61 e 76,52%, respectivamente. Já os CVPB e CVPD das mesmas silagens foram iguais a 5,57 e 4,10; 2,57 e 1,81; 5,44 e 4,22; 6,86 e 5,22 g/UTM/dia, respectivamente. As silagens proporcionaram consumos de 250,09 e 159,99; 98,69 e 61,65; 231,48 e 159,39; 277,99 e 196,77 Kcal de EB e ED/UTM/dia. Os autores atribuíram o pior consumo à silagem de milho em função de seu maior teor de FDN, da presença de pequenas partes mofadas e da menor concentração de ácido lático e maior de nitrogênio amoniacal. Baixos consumos de silagem de milho também foram verificados no trabalho de Silveira (1980) para silagens de milho em pré-florescimento (30,1 g/UTM/dia) e florescimento pleno (30,4 g/UTM/dia). Já Amaral (2005) avaliando dois cultivares de milho, obteve valores superiores para CVMS de 49,45 e 55,45 g/UTM/dia para as silagens dos cultivares BRS-1501 e BN-1, respectivamente. Neste mesmo trabalho, os coeficientes de DAMS variaram de 40,56 a 50,07 % para as silagens fabricadas quando as plantas atingiram 70 dias de idade e de 41,21 a 50,44% aos 90 dias.

2.2.5. Balanço de nitrogênio

Segundo Van Soest (1994) para otimizar as condições ruminais é necessário um sinergismo entre a degradação da proteína, nível de amônia e a fermentação de carboidrato no rúmen para uma máxima eficiência de síntese de proteína microbiana. No entanto quando a velocidade de produção de amônia excede sua utilização, há aumento de excreção de nitrogênio (N) e do custo energético de síntese de uréia, resultando em redução da digestibilidade da proteína. Desta forma, o balanço de nitrogênio pode ser indicativo do metabolismo protéico animal, importante na avaliação nutricional de alimentos pois evidencia se há perda ou não

de proteína pelo organismo (Andrigueto et al., 1990).

III - TÉCNICA DE DEGRADABILIDADE *IN SITU*

A qualidade da forragem ingerida e sua digestão pela microbiota ruminal está diretamente relacionada com o desempenho animal. Por meio da degradabilidade ruminal pode-se avaliar qual o nível de aproveitamento das forrageiras. A avaliação da digestibilidade de uma forrageira segundo Sampaio (1988), tem como objetivo satisfazer dois interesses básicos: a necessidade de se comparar diferentes forrageiras considerando-se que as mais digestíveis apresentarão melhor retorno econômico/produzido pelos animais que as consumiram; e quando da formulação de modelos mecânicos que expressem progressiva e verdadeiramente o fenômeno dinâmico da digestão, considerando os fatores circunstâncias inerentes ao alimento oferecido.

Os estudos *in situ* com sacos de náilon possibilitam a determinação da digestibilidade e degradabilidade das forragens, e de seus diversos componentes. Esta técnica tem sido cada vez mais utilizada na avaliação de alimentos para ruminantes, devido à facilidade, rapidez de execução, e principalmente devido à correlação positiva com resultados obtidos em experimentos *in vivo* (Huntington e Givens, 1995). As determinações de parâmetros cinéticos, relacionados com a degradabilidade ruminal dos nutrientes segundo Nocek (1988), são difíceis de serem determinados *in vivo* e são de fundamental importância na avaliação nutricional de alimentos para ruminantes. Desta forma, o conhecimento da degradação ruminal do alimento e de suas frações é fundamental para se avaliar a

quantidade de nutrientes que estará disponível para os microrganismos do rúmen e a quantidade de nutrientes que chega ao intestino, parâmetros importantes na avaliação nutricional de alimentos para ruminantes (Merhez e Ørskov, 1977, NRC, 2001).

A técnica consiste em colocar pequena quantidade de alimento em sacos de náilon não degradáveis e suspendê-los no rúmen de animais fistulados. Esta técnica tem sido adotada pelo AFRC (1993) como metodologia padrão para caracterizar a degradabilidade ruminal do nitrogênio e pode ainda ser empregada para estudo da dinâmica ruminal de outros nutrientes (Ørskov e McDonald, 1979).

2.3.1. Fontes de variação da técnica

Apesar de ser uma técnica amplamente usada por nutricionistas, é passível de críticas com relação a muitos fatores que influenciam a digestão e as inúmeras fontes de variação que a técnica *in situ* apresenta (Molina, 2000). De acordo com Huntington e Givens (1995) as principais fontes de variação da técnica são: aspectos físicos da bolsa de incubação (tipo de material, tamanho dos poros e área superficial da bolsa em relação ao peso da amostra); processamento das amostras (tamanho de partícula e secagem da amostra incubada); procedimento de incubação (horário de incubação, posicionamento no rúmen, estratégia de colocação e remoção e lavagem das bolsas após a incubação); efeito da dieta fornecida ao animal experimental; efeito do animal; e contaminação microbiana do resíduo de incubação.

Com a intenção de reduzir as variações da técnica, Nocek (1988) fez algumas recomendações de padronização, como: porosidade do sacos entre 40 a 60 μm ; tamanho de partícula de 2 mm para

suplementos protéicos e energéticos, 5 mm para grãos de cereais inteiros, subprodutos fibrosos, fenos, silagens; e se o material não for moído, descrever o tamanho da partícula; relação da quantidade de amostra por área de superfície do saco entre 10 a 20 mg/cm^2 ; correção para a contaminação microbiana, principalmente, para forragens de baixa qualidade; a dieta dos animais deve atender as exigências dos mesmos, documentando-se a composição da ração; utilizar o tipo de animal para o qual as determinações serão usadas; usar pelo menos duas repetições no tempo quando apenas um animal é utilizado; inserir os sacos em um mesmo tempo em relação à alimentação de cada animal e período; mergulhar os sacos em água ou solução tampão antes da incubação ruminal; após a incubação lavar os saquinhos em água corrente até a água ficar clara. De acordo com o autor, estes cuidados permitem condições próximas às ideais para a atuação nos alimentos de enzimas, temperatura, pH, entre outros fatores, porém não submete os alimentos a condições idênticas às situações encontradas nos animais, tendo em vista que não passam pelos processos de mastigação, ruminação e passagem pelo trato digestivo.

O tempo de incubação também é um fator que afeta os resultados de estudos *in situ*. Ørskov et al. (1980) sugerem de 24 a 60 horas de incubação para forrageiras de alta qualidade e de 48 a 72 horas para forrageiras de baixa qualidade, para que o potencial máximo de degradação seja alcançado. De acordo com Sampaio (1994) o estudo de forrageiras deve ser realizado num intervalo de 6 a 96 horas e salienta que a avaliação de três ou quatro tempos de incubação seriam suficientes determinar a equação da degradabilidade.

2.3.2. Modelagem da degradabilidade *in situ*

O objetivo da modelagem matemática é descrever, explicar e prever o comportamento deste complexo sistema, utilizando um limitado número de equações. O primeiro passo da modelagem é a descrição do sistema em um diagrama de fluxo único, dividindo assim todo o processo em componentes distintos e facilitando a descrição matemática. O segundo passo é então a determinação dos valores prováveis destes parâmetros. Sendo assim, o modelo é sempre uma simplificação da realidade (Sauvant, 1997). De acordo com Mertens (1993) o objetivo de um modelo matemático é representar os conceitos biológicos para o processo descrito. Sampaio (1988) comparando modelos que descreveram a degradação ruminal observou que o modelo proposto por Ørskov e McDonald (1979) foi o modelo mais eficiente para descrevê-la.

O modelo de Ørskov e McDonald (1979) proposto para estimativa da degradabilidade ruminal da proteína sugere as seguintes equações:

$$\text{Degradação Potencial (DP)} = a + b * [1 - \exp(-ct)]$$

Em que,

a = a percentagem rapidamente degradável (solúvel) do material contido nos sacos de náilon;

b = a fração potencialmente degradável do material incubado nos sacos de náilon;

c = a taxa fracional constante de degradação da fração *b*;

t = o tempo de incubação no rúmen;

S = a percentagem solúvel em água do material obtida pela lavagem dos sacos de náilon;

Merhez e Ørskov (1977) sugeriram a seguinte equação:

$$p = a + b (1 - e^{-ct}) \quad (1)$$

Em que,

p = percentagem de degradação após um tempo (*t*) expresso em horas de incubação no rúmen;

a = intercepto da curva de degradação no tempo zero (*t*₀), representando o substrato solúvel e completamente degradado;

b = degradabilidade potencial do material que permaneceu no saco após o tempo zero e que será degradado (substrato insolúvel potencialmente degradável);

c = taxa fracional constante de degradação da fração *b* remanescente, após o tempo zero.

O material não degradado pode ser representado como sendo 1 - (*a* + *b*).

Sampaio (1988) propôs uma equação simplificada da equação (1):

$$p = A - B * e^{-ct} \quad (2)$$

Em que,

A = percentagem máxima de degradação do material contido no saco e corresponde a "*a* + *b*", como definidos para a equação (1);

B = não tem valor biológico de interesse

c = taxa fracional constante de degradação da fração *b* remanescente, após o tempo zero; *e*

t = tempo de incubação expresso em horas.

k = a taxa fracional de passagem.

Os parâmetros "*A*" e "*c*" são os principais na qualificação de uma forragem (Sampaio, 1988). Um elevado valor de *A* indica um material muito degradável, enquanto que um maior valor de "*c*" implica em menor tempo para o desaparecimento da fração imediatamente degradável. Segundo Borges (1997) as forragens mais digestíveis apresentam valores altos de *A*, mas necessitam também de altos valores de "*c*",

para que alcancem o potencial máximo de degradação em menor tempo.

McDonald (1981) inclui na equação a chamada *lag time* ou tempo de colonização (TC), que seria uma fase que precede o início do processo de degradação, onde ocorre o início da colonização bacteriana, porém sem ocasionar hidrólise do material incubado. A estimativa da degradabilidade potencial e do tempo de colonização de acordo com estes autores são representadas pelas seguintes equações:

$$\text{Lag} = 1/c \ln (b'/a'+b'-S) \quad (3)$$

Já o conceito de degradabilidade efetiva é utilizado quando se inclui a taxa de passagem do alimento no cálculo da degradabilidade, Ørskov e McDonald (1979) propuseram a seguinte equação para estimar a degradabilidade efetiva (DE):

$$\text{DE} = S + \frac{B1 * c}{c + k} \quad (4)$$

Em que,

S = fração solúvel da amostra no tempo zero;

B1 = fração lentamente degradável, correspondente a subtração de A (equação 2) - S;

c = taxa de degradação;

k = taxa de passagem.

2.3.3. Avaliação da silagem de milho pela técnica de degradabilidade *in situ*

Poucos são os relatos na literatura de avaliação de silagens de milho pela técnica *in situ*. Amaral (2003) estudando a degradabilidade ruminal de silagens de três genótipos de milho (BRS-1501, BN-1 e Comum) confeccionadas em duas idades de corte (70 e 90 dias de crescimento)

encontrou valores de taxas de degradação variando de 3,3 a 3,6%/hora, degradabilidade potencial ente 50,20 a 53,96 % e degradabilidade efetiva para uma taxa de 5%/hora de 26,26 a 29,85%. Com relação ao desaparecimento da matéria seca o autor cita que para as três cultivares, houve tendência de maiores valores próximo às 48 horas de incubação, embora, ao longo do tempo, ainda estivesse havendo degradação do material. A cultivar Comum foi a que apresentou as menores degradabilidades potencial e efetiva. Faria Jr et al. (2005) obtiveram menores taxas de degradação estudando as silagens dos genótipos NPM-1 (2,33%/h); BRS-1501 (2,84%/h) e CMS-3 (3,08%/h) e valores de degradabilidade efetiva, para uma taxa de 4%/hora de 45,79% (NPM-1), 46,73% (BRS-1501) e 46,8% (CMS-3). Os genótipos de milho avaliados nesse experimento apresentaram potencial para produção de silagem, com degradabilidades sugerindo um bom aproveitamento pelo animal.

IV - TÉCNICA *IN VITRO* SEMI-AUTOMÁTICA DE PRODUÇÃO DE GASES (RPT)

Diversos métodos químicos e biológicos foram desenvolvidos para estimar a digestibilidade e degradabilidade de alimentos, predizendo, assim, o valor nutritivo dos mesmos. Os ensaios “*in vivo*” envolvendo produção animal e digestibilidade são os métodos mais precisos para determinar o valor nutricional dos alimentos. Entretanto, os mesmos requerem considerável uso de animais, alimentos, mão-de-obra, tempo e alto custo financeiro. Já os estudos *in situ* estão sujeitos a superestimar a degradação química e microbiana no rumem, tendo em vista a perda de partículas pelos poros dos sacos de náilon. Desta forma, metodologias

in vitro de avaliação de alimentos têm sido também utilizadas para a determinação do valor nutricional de forrageiras, apresentando altas correlações com o consumo e a digestibilidade *in vivo* (Ørskov, 2002). Estas técnicas possuem menor custo, exigindo menor tempo de execução e com melhor controle da condição experimental (Fondevilla e Barrios, 2001).

A primeira geração de técnicas *in vitro* para avaliação de alimentos (Tilley e Terry, 1963; Menke et al., 1979; Aufreire, 1982) proporcionam estimativa da digestibilidade potencial dos alimentos, porém, com uma referência mínima à dinâmica de fermentação ruminal. Já segunda geração destes métodos incorpora as estimativas da cinética de degradação no retículo-rúmen tanto pela mensuração na degradação ruminal de alimentos em sacos de náilon incubados no rúmen (Mehrez et al., 1977; Ørskov e McDonald, 1979; Ørskov et al., 1980; Sauvant et al., 1985; Michalet-Doreau et al., 1987) quanto pelas técnicas de produção de gases (Blummel e Ørskov, 1993; Pell e Schofield, 1993; Theodorou et al., 1994; Maurício et al., 1999; Cone et al., 1996; Sileshi et al., 1996).

A técnica de produção de gases é similar a outros procedimentos de digestibilidade *in vitro* que utilizam substrato moído, um meio de cultura anaeróbico e inóculo microbiano proveniente do fluido ruminal. O substrato pré-pesado é suspenso no meio anaeróbico, mantido a 39°C e fluido ruminal fresco é adicionado como inóculo. A partir deste momento, a produção de gases da fermentação começa a ser registrada possibilitando a descrição da cinética de fermentação (Williams, 2000), tendo em vista que os gases produzidos durante o processo estão intimamente relacionados ao processo fermentativo dentro do rúmen (Quin, 1943).

A técnica de produção de gases possui várias aplicações. A sua maior utilização é para avaliações de forragens, seja entre espécies, condições de cultivo, entre genótipos, híbridos ou variedades de uma mesma espécie e efeitos de tratamentos físicos ou químicos sobre a fermentabilidade de diferentes substratos (Pereira, 2003). Por meio desta técnica também se pode avaliar o efeito associativo de alimentos e melhores níveis de inclusão de um determinado alimento na dieta (Campos et al., 2000).

A digestibilidade da matéria orgânica e a energia metabolizável foram estimadas de forma acurada utilizando os valores de produção de gases após 24 h de fermentação e a composição química de diferentes alimentos de 400 experimentos (Menke e Steingass, 1988). Uma outra aplicação da técnica de grande interesse para a nutrição animal seria estimar o consumo. Segundo Blummel e Ørskov (1993) cerca de 90% da variação na ingestão de MS digestível se explica a partir do modelo exponencial ajustado a produção *in vitro* de gases. Estes autores observaram valores para os coeficientes de correlação de 0,86 a 0,90 para a ingestão de MS digestível e o volume de gás produzido nos tempos de 8, 12, 24 e 36 horas. Rodrigues et al. (2002) concluíram que as constantes da produção *in vitro* de gases podem ser usados para estimar o consumo voluntário de MS e MS digestível. Maurício et al. (2001) observaram correlações significativas entre os dados de produção de gases *in vitro* e os dados de digestibilidade *in vivo*. Blummel e Ørskov (1993) além de encontrarem altas correlações ($r = 0,88$) entre os parâmetros de produção de gases e o consumo de MS, observaram também boas correlações destes parâmetros com a ingestão de MS digestível ($r = 0,93$) e taxa de crescimento dos animais ($r = 0,95$).

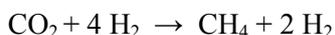
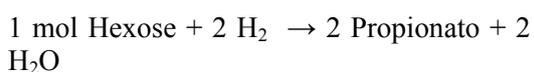
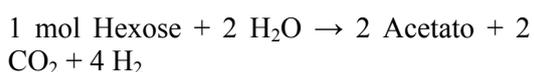
As técnicas de produção de gases e dos saquinhos de náilon avaliaram de forma

semelhante ($p > 0,05$) silagens de milho obtidas em diferentes estádios de maturidade (DiMarco et al., 2002). Sileshi et al. (1996) e López et al. (1998), também constataram a possibilidade de estimar os dados de degradabilidade *in situ* através da técnica de produção de gases.

2.4.1. Origem dos gases

Os gases produzidos são basicamente resultantes da fermentação dos carboidratos, já que a fermentação da proteína produz baixa quantidade de gases, e na fermentação das gorduras os gases podem ser desconsiderados (Getachew et al., 1998; Menke et al., 1979). Os gases medidos pela técnica *in vitro* de produção de gases são gerados de forma direta, na fermentação das pentoses e hexoses e de forma indireta, na neutralização dos ácidos graxos voláteis pelo tampão bicarbonato presente no líquido ruminal ou saliva artificial (Getachew et al., 1998).

As estequiometria da fermentação das hexoses foram descritas por Hungate (1966) e encontram-se demonstradas abaixo.



A produção de propionato é a única reação que não gera dióxido de carbono. A quantidade de gases diretos produzidos é variável em diferentes proporções molares de AGV (Stern et al., 1997; Getachew et al., 1998), sendo que maiores produções são verificadas principalmente quando o substrato é fermentado à acetato e butirato. A fermentação ruminal da proteína produz

amônia. Esta reage com o CO_2 e precipita na forma de carbonato de amônia diminuindo a quantidade de gases no frasco de fermentação (Fondevilla e Barrios, 2001). Substratos com elevada quantidade de carboidratos rapidamente degradáveis também tendem a produzir mais propionato e menos gases diretos (Sarwar et al., 1992). Devido a isto, Cone e Van Gelder (1999) recomendam a correção na produção final de gases de acordo com a quantidade de proteína da amostra e Williams (2000) propõe a avaliação da relação acetato: propionato no final da fermentação quando da comparação de dados de produção de gases entre substratos diferentes.

2.4.2. Fontes de variação da técnica

A preparação das amostras pode ser uma das fontes de variação desta técnica. Isto porque, normalmente, os ensaios *in vitro* utilizam materiais moídos muito finos para se garantir a homogeneidade em função da pequena quantidade de substrato utilizado. Segundo Mould et al. (2000), a redução do tamanho de partículas com o processo de moagem aumenta a taxa de degradação pelo aumento da área superficial disponível para a colonização da microflora ruminal. Desta forma, recomenda-se que os substratos empregados nestes ensaios tenham tamanho de 1mm (Menke et al., 1979; Pell e Schofield, 1993; Theodorou et al., 1994; Mauricio, 1999).

Outra fonte de variação é o fluido ruminal, pois este pode variar em sua qualidade e homogeneidade de acordo com a espécie animal e suas condições fisiológicas, tipo de dieta fornecida, horário de coleta em relação ao horário de alimentação dentre outros fatores, que em conjunto podem afetar os perfis de degradação dos alimentos (Schofield, 2000). Por isso, é importante que nos trabalhos que utilizam a técnica de produção de gases, sejam descritas as condições em que o líquido ruminal foi

obtido (espécie, raça, dieta, condição fisiológica, sexo e hora de coleta em relação ao horário de alimentação) (Pereira, 2003).

Atenção também deve ser dada à manutenção dos valores de pH ente 6,2 e 6,8 e à temperatura da reação que deve ser realizada a 39° C. Valores de pH inferiores a 6,0 prejudicam a atividade das bactérias celulolíticas (Russel e Dobrowski, 1980). Já o controle de temperatura a 39°C deve ser feito de forma criteriosa, pois a atividade microbiana, o volume de gases produzidos e a pressão são influenciados diretamente pela temperatura (Schofield, 2000).

2.4.3. Modelagem da cinética de produção de gases

Inicialmente, o modelo de Ørskov e McDonald (1979) foi adaptado para a produção *in vitro* de gases, no entanto, o mesmo sugere que todos os componentes solúveis e produtos da hidrólise são fermentados, o que não é realidade.

A equação proposta por Ørskov e McDonald (1979) para a produção *in vitro* de gases é a seguinte:

$$Y = a + b * [1 - \exp(-ct)]$$

Em que,

Y é a produção acumulada de gases (mL);
 a é a produção *in vitro* de gases devido à fermentação da fração solúvel;
 b é a produção *in vitro* de gases devido à fermentação da fração insolúvel;
 c é a taxas fracionais de produção *in vitro* de gases da fração b (horas⁻¹);
 t é o tempo de incubação (horas).

France et al. (1993) propôs um modelo para descrever a cinética de produção *in vitro* de gases, assumindo que a taxa de degradação pode variar durante o processo de

degradação, conforme mostra a equação abaixo.

$$Y = A * [1 - \exp(-b(t-lag) - c(\sqrt{t} - \sqrt{lag}))]$$

Em que,

Y é a produção acumulada de gases (mL);
 A é o potencial máximo de produção *in vitro* de gases (mL)
 b e c são as taxas fracionais constantes (horas⁻¹ e horas^{-0,5} respectivamente);
 lag é a tempo de colonização (horas);
 t é o tempo de incubação (horas).

A indicação de uma ou de outra equação não é simples e envolve uma série de fatores. Os modelos multicompartimentais são mais adequados quando se usa um número muito grande de leituras, como ocorre nos sistemas completamente automatizados, porém isto não ocorre quando o número de leituras é limitado (Fondevila e Barrios, 2001). A equação de France et al. (1993), apesar de apresentar interpretação fisiológica questionável, pode ser a mais apropriada nestas condições (Fondevila e Barrios, 2001). Uma comparação matemática de ajustes de modelos de curvas de produção de gases (Dhanoa et al, 2000) mostrou que a equação de France et al. (1993) é mais bem adaptada em descrever a cinética de produção dos gases devido a sua flexibilidade em ajustar dados que apresentem ou não forma sigmoidal.

V - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGRICULTURAL AND FOOD RESEARCH COUNCIL: *Energy and protein requirements of ruminants*. Wallingford: CAB International, 1993. 159p.

- ALMEIDA, M. F. *Composição química, digestibilidade e consumo voluntário das silagens de sorgo (*Sorghum vulgare*, Pers.) em dois momentos de corte, girassol (*Helianthus annuus*, L.) e milho (*Zea mays*, L.) para ruminantes*. 1992. 100p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.
- AMARAL, P. N. C. *Silagem e rolão de milho em diferentes idades de corte*. 2003. 78p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.
- AMARAL, P. N. C. *Produção e qualidade da silagem de três cultivares de milho*. 2005. 125p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.
- ANDRIGUETO, J.M.; PERLY, L.; MINARD, I. et al. *Nutrição animal: Bases e os fundamentos da nutrição animal*, v.1, Rio de Janeiro: Nobel, 1990. 389p.
- AUFREIRE, J. Utilisation d'enzymes cellulolytiques pour prévoir la digestibilité des fourrages. *Bull. Techn. C.R.Z.V., Theix*. v. 49, p.23-25, 1982.
- BLAXTER, K.L. *The energy metabolism of ruminants*. London: Hutchinson, 1962. 329p.
- BLUMMEL, M., ØRSKOV, E. R.. Comparison of in vitro gas production and náilon bag degradability of roughages in predicting food intake in cattle. *Anim. Feed Sci. Technol.* v.40, p.109-119, 1993.
- BORGES, A. L. C. C. Controle da ingestão de alimentos. *Cad. Téc. Esc. Vet. UFMG.*, n. 27, p. 67-79, 1999.
- BORGES, I. *Influência da dieta na degradabilidade in situ do caroço de algodão integral e do bagaço de cana de açúcar auto-hidrolisada, na dinâmica da fermentação ruminal e na cinética sanguínea de ovinos*. Belo Horizonte: Escola de Veterinária da UFMG, 1997. 129p. Tese (Doutorado em Ciência Animal).
- CAMPLING, R. C. The voluntary intake of conserved grass by cattle. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE PASTAGENS, 9, 1966, São Paulo. *Anais...* São Paulo: Abrico, p.903-905.
- CAMPLING, R. C.; BALCH, C. C. Factors affecting the voluntary intake of food by cows. 2. The relationships between the voluntary intake of roughages, the amount of digesta in the reticulo-rumen and the rate of disappearance of digesta from the alimentary tract. *Br. J. Nutr.*, v.15, n.1-2, p.531-540, 1961.
- CAMPOS, F.P., SAMPAIO, A.A.A., BOSE, M.L.V., et al. Avaliação da digestibilidade in vitro/gás de diversas associações de volumosos - 1 - Produção de gás. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 37, 2000, Viçosa, *Anais...* Viçosa: SBZ, 2000. (CD-ROM).
- CHAVES, C. *Produção e valor nutritivo das silagens de capim sudão [*Sorghum sudanense* (Piper) Stapf, milho (*Pennisetum americanum* (L.) Leeke], teosinto (*Euchlaena mexicana* Schrad) e milho (*Zea mays* L.)*. 1997. 56p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.
- CHURCH, D. C.; POND, W. G. *Bases científicas para la nutrición y alimentación de los animales domésticos*. Zaragoza: Acríbia, 1977. 462p.
- CONE, J. W.; VAN GELDER, A. H. Influence of protein fermentation on gas production profiles. *Anim. Feed Sci Technol.* v.76, p. 251-264, 1999.

- CONE, J. W., VAN GELDER, A. H., VISSCHER, G. J. W. et al. Influence of rumen fluid and substrate concentration on fermentation kinetics measured with a fully automated time related gas production apparatus. *Anim. Feed Sci. Techn.* v.61, p.113-128, 1996.
- CONRAD, H. R. Symposium on factors influencing the voluntary intake of herbage by ruminant: physiological and physical factors limiting feed intake. *J. Anim. Sci.*, v.25, n.1, p.227-235, 1966.
- CONRAD, H. R.; PRATT, A. D.; HIBBS, J. D. W. Regulation of feed intake in dairy cows. I. Change in importance of physiological factors with increasing in digestibility. *J. Dairy Sci.*, v.48, n.1, p.47-54, 1964.
- CRAMPTON, E. W. Interrelations between digestible nutrient and energy content, voluntary dry matter intake and the overall feeding value of forages. *J. Anim. Sci.*, v.16, n.3, p.546-552, 1957.
- CRAMPTON, E. W.; DONNEFER, L. L.; LLOYD, L. E. A nutritive value index for forages. *J. Anim. Sci.*, v. 19, n.2, p.538-544, 1960.
- DHANOVA, M. S.; LOPEZ, S.; DIJKSTRA, J., et al. Estimating the extent of degradation of ruminant feeds from a description of their gas production profiles observed in vitro: comparison of models. *Br. J. Nutr.*, v. 83, p.131-142, 2000.
- DI MARCO, O. N.; AELLO, M. S.; MOMDEDEU, M.; VAN HOUTTE, S. Effect of maize crop maturity on silage chemical composition and digestibility (in vivo, in situ and in vitro). *Anim. Feed Sci. Techn.* v.99, p.37-43, 2002.
- FALCO, J. E. *Bioclimatologia animal*. Lavras: Gráfica Universitária, 1997. 57p.
- FARIA JR, W. G.; GUIMARÃES JR, R.; GONÇALVES, L. C. et al. Avaliação da cinética de degradação "in situ" da matéria seca de silagens de três genótipos (BRS-1501, NPM-1, CMS-3) de milho (*Pennisetum glaucum*). In: CONGRESSO DE FORRAGICULTURA E PASTAGENS, 1, 2005, Lavras. *Anais...* Lavras: UFLA. p. 46-51.
- FONDEVILLA, M.; BARRIOS, A. The gas production and its application to the study of the nutritive value of forages *Cuban J. Agric. Sci.* v.35, n.3, p.187-199, 2001.
- FORBES, J. M. Physiological regulation of food intake. In: FORBES, J. M. *Nutritional physiology of farm animals*. New York: Longman Group Limited, 1983. p.177-202.
- FORBES, J.M. *Voluntary food intake and diet selection in farm animals*. Wallingford: CAB International, 1995. 532p.
- FRANCE, J., DHANOVA, M.S., THEODOROU, M.K., et al. A model to interpret gas accumulation profiles associated with in vitro degradation of ruminant feeds. *Journal of Theor. Biol.*, v. 163, p. 99-111, 1993.
- GETACHEW, G., BLÜMMEL, M., MAKKAR, H.P.S., et al. In vitro gas measuring techniques for assesment of nutritional quality of feeds: a review. *Anim. Feed Sci. Techn.* v.72, p.261-281, 1998.
- HOLTER, J. A.; REID, J. J. Relationship between the concentrations of crude protein and apparently digestible protein in forages. *J. Anim. Sci.*, v.18, p.1339, 1959.
- HUNGATE, R. *The Rumen and Its Microbes*. New York: Academic Press, 1966.
- HUNTINGTON, J.A.; GIVENS, D.I. The *in situ* technique for studying the rumen degradation of feeds: reviews of the

- procedure. *Nutrition Abstracts and Reviews (Series B)* v.65, n.2, p.63-93, 1995.
- INGVARTSEN, K.L. Models of voluntary food intake in cattle. *Livest. Produc. Sci.*, v.39, n.1, p.19-38, 1994.
- LÓPEZ, S., CARRO, M. D., GONZÁLEZ, J. S., OVEJERO, F. J. Comparison of different in vitro and in situ methods to estimate the extent and rate of degradation of hays in the rumen. *Anim. Feed Sci. Techn.*, v.73, n.9, p.99-113, 1998.
- MAURICIO, R.M., MOULD, F.L., DHANOA, M.S., et al. A semi-automated in vitro gas production technique for ruminants feedstuff evaluation. *Anim. Feed Sci. Techn.*, v.79, p.321-330, 1999.
- MAURÍCIO, R. M. M., PEREIRA, L. G. R., GONÇALVES, L. C., et al. Avaliação das silagens de quatro híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) moench) através da técnica "in vitro" semi automática de produção de gás. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38, 2001, Piracicaba, *Anais...* Piracicaba: SBZ, 2001. p. 1346-1348.
- McDONALD, I. M. A revised model for the estimation of protein degradability in rumen. *J. of Agric. Sci.*, v.96, p.251-252, 1981.
- MEHREZ, A.Z., ØRSKOV, E.R., McDONALD, I. Rate of rumen fermentation in relation to ammonia concentration. *Br. J. Nutr.*, v.38, n.3, p.437-443, 1977.
- MEHREZ, A.Z., ØRSKOV, E.R. A study of the artificial fibre bag technique for determining the digestibility of feeds in the rumen. *J. Agric. Sci.*, v. 88, p. 645-650, 1977.
- MENEGATTI, D. P. *Nitrogênio na produção e no valor nutritivo de três gramíneas do gênero Cynodon.* 1999. 76p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.
- MENKE, K. H., RAAB, L., SALEWSKI, A., et al. The estimation of the digestibility and energy content of ruminant feedingstuffs from the gas production when they incubated with liquor In Vitro. *J. Agric. Sci.*, v.93, p. 217-222, 1979.
- MENKE, K.H. AND STEINGASS, H. Estimation of the energetic feed value obtained from chemical analysis and in vitro gas production using rumen fluid. *Anim. Res. Developm.*, v.28, p. 7-55, 1988.
- MERTENS, D. R. Regulation of forage intake. In: FAHEY JR., G.C. (ed) *Forage quality evaluation and utilization*. Lincoln: University of Nebraska. 1994. p.-450-492.
- MERTENS, D.R. Rate and extent of digestion. In: FORBES, J.M.; FRANCE, J. *Quantitative aspects of ruminant digestion and metabolism*. Londres: CAB International, 1993. Cap. 2, p.14-51.
- MICHALET-DOREAU, B., VERITE, R., CHAPOUTOT, P. Methodologie de mesure de la degradabilite in sacco de l'azote des aliments dans le rumen. *Bull. Techn. C.R.Z.V., Theix I.N.R.A.* v.69, p.5-7,1987.
- MINSON, D. J. *Forage in ruminant nutrition*. San Diego: Academic Press, 1990. 483p.
- MOLINA, L. M. *Avaliação nutricional de seis genótipos de sorgo colhidos em três estádios de maturação.* 2000. 65p. Tese (Doutorado em Ciência Animal). - Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG.

- MOORE, K. J.; HATFIELD, R. D. Carbohydrates and forage quality. In: FAHEY Jr, G.C. *Forage quality, evaluation and utilization*. Madison: American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, Soil Science Society of America, p. 229-280, 1994.
- MOULD, F. L., MAURÍCIO, R. M., OWEN, E. Cumulative and rate of gas release of pure carbohydrates fermented in vitro using Reading Pressure Technique. In: GAS PREDICTION: FERMENTATION KINETICS FOR FEED EVALUATION AND TO ASSESS MICROBIAL ACTIVITY, 2000, Wageningen. *Proceedings ...Wageningen: EAAP, 2000*, p. 27-28.
- NASCIMENTO, C. H. F. *Composição química e digestibilidade de três gramíneas tropicais em diferentes idades*. Viçosa: UFV, 1970. 84p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia).
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). *Nutrients requirements of dairy cattle*. Washington, DC: Natl. Acad. Sc., 7a rev. ed., 2001. 408 p.
- NOCEK, J. E. In situ and other methods to estimate ruminal protein and energy digestibility: a review. *J. Dairy Sci.*, v.71, n.8, p.2051-2069, 1988
- OBA, M.; ALLEN, M. S. Evaluation of the importance of the digestibility of neutral detergent fiber from forage: effects on dry matter intake and milk yield of dairy cows. *J. Dairy Sci.* v.82, n.3, p. 589-596.1999.
- ØRSKOV, E .R. *Trails and trails in livestock research*. Aberdeen: Garamond, 2002. 204p.
- ØRSKOV, E. R.; HOVELL, F.D.B.; MOULD, F. The use of the náilon bag technique for evaluation of feedstuffs. *Trop. Anim. Prod.* v.5, p.195-213, 1980.
- ØRSKOV, E. R.; McDONALD, I. M. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. *J. Agric. Sci.* v.92, p.499-503, 1979.
- PELL, A. N.; SCHOFIELD, P. Computerized monitoring of gas production to measure forage digestion in vitro. *J. Dairy Sci.* v. 76, p.1063-1073, 1993.
- PEREIRA, L. G. R. *Potencial forrageiro da cultura do girassol (Helianthus annuus L.) para a produção de silagem*. 2003. 134p. Tese (Doutorado em Ciência Animal) - Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG.
- PINTO, J. C.; CHAVES, C. S.; PÉREZ, J. R. O. Valor nutritivo das silagens de capim-sudão, milheto, teosinto e milho. 1 - consumo e digestibilidade aparente. *Ciênc. e agrotec.* v.23, n.4, p.980-986, 1999.
- QUIN, J. I. Studies on the alimentary tract of merino sheep in South Africa 7. Fermentation in the forestomachs of sheep. *Ond. J. Vet. Sci. Anim. Ind.* v.2, p. 91-117, 1943.
- RODRIGUES, M.A.M.; FONSECA, A.J.M.; SEQUEIRA et al. Digestion kinetic parameters from an *in vitro* gas production method as predictors of voluntary intake of forage by mature ewes. *Anim. Feed Sci. Techn.* v.95, p.133-142, 2002.
- RUSSELL, J. B., DOMBROWSKI, D. B. Effect of pH on the efficiency of growth by pure cultures of rumen bacteria in continuous culture. *Appl. Environm. Microb.*, v. 39, p.604-610, 1980.
- SALIBA, E.O.S. *Caracterização Química e Microscópica das Ligninas dos Resíduos Agrícolas de Milho e de Soja Expostas à Degradação Ruminal e seu Efeito sobre a Digestibilidade dos Carboidratos Estruturais*. Belo Horizonte: Escola de

Veterinária da UFMG, 1998. 251p. Tese (Doutorado em Ciência Animal).

SAMPAIO, I. B. M. *Experimental designs and modeling techniques in the study of roughages degradation in rumen and growth of ruminants*. 1988. 228p. Thesis (PhD) – Department of Applied Statistics, University of Reading.

SAMPAIO, I. B. M. Contribuições estatísticas e de técnica experimental para ensaios de degradabilidade de forragens quando avaliadas in situ. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE PRODUÇÃO DE RUMINANTES. REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 31., 1994, Maringá. *Anais...* Maringá: SBZ, 1994. p.81-88.

SARWAR, M.; FIRKINS, J. L.; EASTRIDGE, M. L. Effects of varying forage and concentrate carbohydrates on nutrient digestibilities and milk production by dairy cows. *J. Dairy Sci.*, v.75, p.1533–1542, 1992.

SAUVANT, D. Rumen mathematical modelling. In: HOBSON, P.N.; STEWART, C.S. (Ed.) *The rumen microbial ecosystem*. London: Blackie Academic and Professional, p.685-708, 1997.

SAUVANT, D., BERTRAND, D., GIGER, S. Variations and prevision of the in sacco dry matter digestion of concentrates and by-products. *Anim. Feed Sci. Technol.* v.13, p.7-23, 1985.

SCHOFIELD, P. Gas production methods. In: *Farm Animal Metabolism and Nutrition*. Wallingford (UK). CAB International. 450 p. 2000.

SILESHI, Z.; OWEN, E.; DHANOA, M.S.; THEODOROU, M.K. Prediction of in situ rumen dry matter disappearance of Ethiopian forages from an in vitro gas

production technique using a pressure transducer, chemical analyses or in vitro digestibility. *Anim. Feed Sci. Technol.* v.61, p.73-87,1996.

SILVA, J. F., LEÃO, M. I. *Fundamentos de nutrição dos ruminantes*. Piracicaba: Ceres, 1979. 379p.

SILVEIRA, C. A. M. *Efeito de doses de nitrogênio e regimes de corte no rendimento de matéria seca de milho e sorgos forrageiros e no valor nutritivo da silagem de milho*. 1980. 121p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS.

SNIFFEN, C. J.; BEVERLY, R. W.; MOONEY, C. S. et al. Nutrient requirements versus supply in the dairy cow: strategies to account for variability. *J. Dairy Sci.*, v.76, n.10, p.3160-3178. 1993.

STERN, M.D.; BACH, A.; CALSAMIGLIA, S. Alternative techniques for measuring nutrient digestion in ruminants. *J. Anim. Sci.*, v.75, p. 2256-2276, 1997.

TERADA, F.; SHIOYA, S.; SHIRAIISH, et al. Prediction of dry matter intake of lactating cows in summer. *Anim. Sci. Techn.* v. 68, n.2, p.191. 1957.

THEODOROU, M. K.; WILLIAMS, B. A.; DHANOA, M. S. et al. A new gas production method using a pressure transducer to determine the fermentation kinetics of ruminal feeds. *Anim. Feed Sci. Techn.* v. 48, p. 185-197, 1994.

THIAGO, L. R. L. S., GILL, M. Consumo voluntário de forragens por ruminantes: mecanismo físico ou fisiológico?. In: SIMPÓSIO SOBRE PRODUÇÃO ANIMAL, 7, 1990. Piracicaba. *Anais...* Piracicaba: FEALQ, 1990. p.77-108.

TILLEY, J. M. A.; TERRY, R. A. A two-stage technique for the "in vitro" digestion of forage crops. *J. Br. Grassland Soc.*, v.18, n.2, p.104-111, 1963.

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

WEST, J. R. Some aspects of constraint to forage consumption by ruminants. *Austr. J. Agric. Res.*, v.47, n.1, p.175-197. 1996.

WILLIAMS, B. A. Cumulative Gas-production Techniques for Forage Evaluation. In: GIVENS, D.I., OWEN, E., OMED, H.M. et al. (eds.). *Forage Evaluation in Ruminant Nutrition*. Wallingford: CAB International. 2000. 475 p.

WILSON, J. R.; KENNEDY, P. M. Plant and animal constraints to voluntary intake associated with fiber characteristics and particle breakdown and passage in ruminants. *Austr. J. Agric. Res.* v.47, n.1, p.199-225. 1996.

CAPÍTULO III

CONSUMO E DIGESTIBILIDADE APARENTE DAS SILAGENS DE TRÊS GENÓTIPOS DE MILHETO

3.1. RESUMO

Foram avaliados os consumos voluntários e digestibilidades aparentes das silagens de três genótipos de milho (BRS-1501, NPM-1, e CMS-3) em ovinos adultos castrados. O delineamento estatístico utilizado foi o inteiramente casualizado com três tratamentos e seis repetições. O consumo de matéria seca em g/unidade de tamanho metabólico (CMS-UTM) variou entre 42,12 (BRS-1501) a 44,22 g/UTM/dia (NPM-1). Foram obtidos os seguintes valores de digestibilidade aparente da matéria seca (DAMS): 49,87% para a silagem do genótipo CMS-3, 47,55% para a do BRS-1501 e 45,83% para a do NPM-1. Os consumos de energia bruta variaram de 237,48 g/UTM/dia para a silagem do genótipo NPM-1 a 256,12 g/UTM/dia para a silagem do CMS-3, não sendo observadas diferenças ($p>0,05$) entre os materiais. O mesmo não foi verificado para os valores de digestibilidade aparente da energia bruta (DAEB), cujo maior valor foi obtido para silagem do CMS-3 de 47,67% ($p<0,05$). As diferenças encontradas para DAEB não interferiram nos consumos de energia digestível (CED) e metabolizável (CEM), não sendo verificadas diferenças ($p>0,05$) entre os materiais. Os valores de consumo de proteína bruta (CPB), nitrogênio (N) ingerido, N fecal e N urinário em gramas por dia (g/dia) das silagens estudadas não diferiram estatisticamente ($p>0,05$), o mesmo sendo verificado para os valores de CPB-UTM que variaram de 4,74 g/UTM/dia para a silagem do NPM-1 a 5,04 g/UTM/dia para a silagem do genótipo CMS-3. No entanto, a silagem do genótipo CMS-3 apresentou o maior valor de DAPB de 62,54% ($p<0,05$) e eficiência de utilização desta fração (59,18%), se destacando entre as demais. Não foram encontradas diferenças estatísticas para os parâmetros de consumo e digestibilidade da fibra em detergente neutro e fibra em detergente ácido. As silagens dos genótipos avaliados também foram semelhantes ($p>0,05$) quanto aos valores de consumo voluntário da matéria seca, energias, proteína bruta. Os resultados deste experimento permitem indicar o milho como uma opção para utilização na forma de silagem.

Palavras chave: consumo voluntário, digestibilidade, ruminantes, silagem, valor nutricional.

3.2. ABSTRACT

Voluntary intakes and apparent digestibilities of three pearl millet genotypes silages (BRS-1501, NPM-1 e CMS-3) were evaluated in castrated adults sheeps. The statistical design was completely randomized with three treatments and six replicates. The dry matter intake in grams per metabolic weight (g/MW) ranged from 42.12 (BRS-1501) to 44.22 g/MW/day. Dry matter apparent digestibilities values were: 49.87% to CMS-3 genotype silage, 47.55% to BRS-1501 silage and 45.83% to NPM-1. The gross energy intakes of silages were similar ($p>0.05$) and ranged from 237.48 g/MW/day to NPM-1 silage up to 256.12 g/MW/day to CMS-3 silage. The CMS-3 silage showed the highest ($p<0.05$) gross energy apparent digestibility of 47.67% among silages. However, no differences ($p>0.05$) were observed to digestible and metabolizable

energies intakes. The crude protein intake, consumed nitrogen, fecal nitrogen and urinary nitrogen (grams per day) values did not differ among silages ($p>0.05$), the same was verified to crude protein intake coefficient that ranged from 4.74 g/MW/day to NPM-1 silage up to 5.04 g/MW/day to CMS-3 genotype silage. The highest ($p<0.05$) crude protein apparent digestibility (62.54%) and utilization efficiency of this fraction (59.18%) was observed to CMS-3 genotype silage, standing out against other silages. No statistical differences were observed to neutral detergent fiber and acid detergent fiber intakes and digestibilities. Silages were also similar ($p>0.05$) when it comes to dry matter, energy and crude protein voluntary intakes. According to the findings of this work, pearl millet can be used as silage

Keywords: digestibility, nutritional value, ruminant, silage, voluntary intake.

3.3. INTRODUÇÃO

Os valores de consumo e a digestibilidade aparente de um alimento são determinantes na determinação do seu valor nutricional. Por meio destes parâmetros é possível medir a quantidade dos nutrientes ingeridos e a proporção destes nutrientes apta a ser utilizada pelo animal. O consumo e a digestibilidade aparente estão intimamente associados; o primeiro, determinante no aporte de nutrientes e conseqüentemente no atendimento das exigências nutricionais, é considerado a principal variável que influencia o desempenho animal e, juntamente com a digestibilidade e a eficiência energética, constituem-se num dos parâmetros mais importantes relacionados com a qualidade dos alimentos (Menegatti 1999) e por conseqüência, com a produção animal.

A silagem de milheto é um alimento ainda pouco utilizado na alimentação de ruminantes, no entanto, por apresentar boa composição química e produtividade mesmo quando cultivado em regiões com baixa precipitação pluviométrica, pode ser indicada como uma importante fonte de volumoso. Além disso, o milheto é uma cultura que se adapta bem aos cultivos de safrinha, após a colheita da cultura principal, otimizando o aproveitamento da

terra para produção de alimento para ruminantes.

Estudos avaliando consumo e digestibilidade aparente de silagem de milheto são escassos. Logo, ensaios que avaliam estes parâmetros são de grande importância, pois geram informações relativas ao valor nutritivo do alimento, direcionam os programas de melhoramento genético de cultivares utilizados na alimentação de ruminantes e auxiliam na formulação de dietas que utilizam este alimento.

O objetivo deste estudo foi determinar os consumos voluntários e as digestibilidades aparentes das silagens de três genótipos de milheto.

3.4. MATERIAL E MÉTODOS

3.4.1. Preparo das silagens

Os genótipos de milheto avaliados neste experimento foram o BRS-1501, NPM-1, e o CMS-3. O BRS-1501 é uma variedade lançada pela Embrapa Milho e Sorgo, de polinização aberta, originada por seleção massal de uma população americana. Possui ciclo médio (floresce aos 50 dias), boa capacidade de perfilhamento e tem mostrado boa recuperação na rebrota. O

NPM-1 (Nebraska Population Millet) é uma população de polinização aberta oriunda do programa de melhoramento da Universidade do Nebraska - USA e o CMS-3 é uma população de polinização aberta do programa de melhoramento da Embrapa Milho e Sorgo.

Estes materiais foram plantados nas dependências da Embrapa Milho e Sorgo, localizada a 19°28' de latitude sul 44°15' de longitude oeste de Greenwich a 732 metros de altitude, no Km 65 da rodovia MG 424, no município de Sete Lagoas -MG. A adubação de plantio foi equivalente a 350 kg/ha de 8-28-16 (NPK) e a de cobertura a 100 kg/ha de uréia, de acordo com as exigências da cultura. Os cultivares foram cortados manualmente aos 100 dias de idade, rente ao solo e imediatamente ensilados em tambores metálicos com capacidade para 200 litros cada, revestidos internamente com sacos de polietileno, compactados sob pisoteio e vedados com tampas metálicas dotadas de travas. A abertura dos silos procedeu-se no momento do ensaio com os animais, realizado 60 dias após a ensilagem.

3.4.2. Procedimento experimental

O ensaio com animais foi conduzido nas dependências do departamento de zootecnia da EV-UFGM, em Belo Horizonte - MG. Dezoito carneiros adultos, castrados, caudectomizados, tosquiados, sem raça definida (SRD), com peso médio de 38 kg foram empregados nesse ensaio. Os animais foram manejados em gaiolas metabólicas, individuais, confeccionadas em cantoneira de ferro, com piso ripado, dispondo de bebedouro e comedouro em aço inoxidável e saleiro de PVC.

Para coleta de urina foram utilizados funis já devidamente acoplados às gaiolas e baldes, e para a coleta de fezes, caixas plásticas dispostas abaixo dos funis de

coleta de urina. Aos baldes coletores de urina foram adicionados, diariamente, 100ml de HCl 2N. O período experimental constou de 5 (cinco) dias após 21 dias de adaptação às dietas. Os animais foram pesados no início do período experimental para serem distribuídos de forma equilibrada às dietas avaliadas conforme o peso metabólico dos mesmos (peso vivo^{0,75}) no final do período experimental.

A silagem foi oferecida em quantidade suficiente para que se obtivesse aproximadamente 20% de sobras no cocho. Água e mistura mineral comercial foram administradas *ad libitum*.

Foram realizadas amostragens diárias das silagens e suas sobras, das fezes e da urina. Para as silagens coletou-se aproximadamente 300g por tratamento por dia. As sobras foram recolhidas diariamente e armazenadas por animal por dia. As fezes foram coletadas duas vezes ao dia (7 e 17h) pesadas e armazenadas, sendo, posteriormente feito um pool das amostras coletadas, por animal por dia. A urina foi coletada somente no período da manhã (7h), com a amostragem de 10% do total do material mensurado.

3.4.3. Procedimento laboratorial

O material amostrado foi pesado e colocado em estufa com ventilação forçada à 65°C, por 72 horas. Após a pré-secagem as amostras foram moídas em peneira de 1mm e acondicionadas em frascos fechados hermeticamente. Posteriormente, foram realizadas análises de matéria seca a 105°C, proteína bruta pelo método de Kjeldhal (AOAC, 1995), fibra em detergente ácido (FDA), fibra em detergente neutro (FDN), celulose, hemicelulose e lignina pelo método seqüencial de Robertson e Van Soest (1981), energia bruta (EB) por combustão em bomba calorimétrica adiabática modelo PARR 2081 (AOAC,

1995). As amostras de urina foram analisadas para determinação dos teores de energia bruta, nitrogênio e proteína bruta conforme as metodologias citadas anteriormente. Uma parte das amostras das silagens foi utilizada para obtenção do suco, extraído por prensagem, em prensa hidráulica “Carver” modelo C. No suco foi feita a filtragem e, imediatamente após, procedeu-se a leitura do valor de pH em potenciômetro de “Beckman Expandomatic SS-2” com escala expandida e a determinação dos teores de nitrogênio amoniacal com uso do cloreto de cálcio e óxido de magnésio (AOAC, 1995)

Os valores de energia digestível (ED) foram obtidos pela diferença entre a EB dos alimentos e das fezes. Os valores de energia metabolizável (EM) foram obtidos através da diferença entre a energia digestível e a perda de energia sob a forma de metano e urinária. Para cálculo das perdas em metano (cm) em nível de manutenção, foi utilizada a fórmula sugerida por Blaxter e Clapperton (1965) em que $cm = 3,67 + 0,062D$, onde D representa a digestibilidade aparente da energia bruta do alimento.

A avaliação do consumo voluntário da MS das silagens foi determinada pela diferença entre a quantidade de material fornecido aos animais e as sobras nos cochos, e os valores de digestibilidade aparente (D.A.) foram obtidos através da fórmula:

$$DA = \frac{(Kg \text{ cons} \times \% \text{ cons}) - (kg \text{ fz} \times \% \text{ fz}) \times 100}{(Kg \text{ cons} \times \% \text{ cons})}$$

conforme metodologia utilizada por Silva e Leão (1979) e Maynard et al. (1984).

Em que:

kg cons = quantidade de alimento consumido

% cons = teor do nutriente no alimento fornecido

kg fz = quantidade de fezes coletadas

% fz = teor do nutriente nas fezes

3.4.4. Procedimento estatístico:

O delineamento estatístico utilizado foi o inteiramente casualizado com três tratamentos e seis repetições, conforme demonstrado no esquema de análise de variância abaixo.

Fontes de variação	Graus de liberdade
Total	17
Tratamentos	2
Erro	15

Os dados foram submetidos à análise de variância e um estudo de correlações foi realizado entre os parâmetros avaliados por meio do *software* SAEG versão 8.0. As médias foram comparadas pelo teste de Student Newman Keuls (SNK) ao nível de 5% de probabilidade.

3.5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.5.1. Composição química e energia bruta das silagens

Na Tabela 1 são mostrados a composição química e os valores de energia bruta das silagens de milho fabricadas aos 100 dias após plantio.

A silagem do genótipo CMS-3 foi a que apresentou o maior teor de matéria seca (22,72%), sendo seguida pelas silagens dos genótipos BRS-1501 (21,28%) e CMS-3 (20,99%). Estes valores são próximos aos encontrados por Amaral (2005) avaliando silagens de milho confeccionadas com a planta aos 70 dias de plantio (21,40%) e

Tabela1. Composição química (%), energia bruta, energia digestível e energia metabolizável (Kcal/kg), expressos na matéria seca, pH e NH₃/NT (%) das silagens de três genótipos de milho

Parâmetros	Genótipos		
	BRS-1501	NPM-1	CMS-3
MS (%)	21,28	22,72	20,99
PB (%)	11,83	10,73	11,45
FDN (%)	70,54	71,22	71,02
FDA (%)	37,70	39,71	39,37
Celulose (%)	35,78	37,06	37,4
Hemiceluloses (%)	32,84	31,51	31,65
Lignina (%)	1,92	2,65	1,97
Energia bruta (kcal/kg)	3792,83	3825,04	3855,32
Energia digestível (kcal/kg)	1631,18	1608,77	1838,21
Energia metabolizável (kcal/kg)	1254,29	1268,58	1472,17
pH	3,79	3,71	3,75
NH ₃ /NT (%)	11,97	8,86	9,25

inferiores aos obtidos para os mesmos materiais ensilados aos 90 dias de idade (27,93%). Os valores encontrados no presente experimento também são próximos aos obtidos por Guimarães Jr (2003), cuja média para as silagens de três genótipos de milho confeccionadas aos 82 dias de idade foi de 23,64%. Chaves (1997) obteve valor médio de matéria seca para silagem de milho de 27,7%. Seiffert e Prates (1978) avaliando o material original e a silagem de milho após 40 dias de fermentação observou valores bem menores para a matéria seca de dois cultivares de milho no material original (11,9 e 9,32%), já para as silagens o cultivar Comum apresentou valor similar ao obtido neste experimento de 23,00% MS, assim como o obtido por Messman et al. (1992) (23,4% MS). Valores superiores foram obtidos por Almeida et al. (1993) e Bishnoi et al. (1993) avaliando silagens de milho produzidas na fase de grão pastoso, cujos valores encontrados foram de 27,7 e 30,4% de MS, respectivamente. Messman et al. (1992) encontraram para o cultivar AO64 32,50% de matéria seca, valor superior aos normalmente relatados na literatura para silagem de milho.

De acordo com Paiva (1976) e McCullogh (1978) os teores de matéria seca encontrados neste experimento seriam insuficientes para produzir uma boa silagem. Porém, McDonald et al. (1991) salienta que conteúdos de matéria seca superiores a 20% e um nível adequado de carboidratos solúveis são suficientes para produzir silagem de boa qualidade. Segundo Meyer et al. (1989) a forma mais correta de avaliação dos teores de matéria seca de uma silagem seria associá-los aos valores de pH, avaliando de forma mais adequada silagens de outras forrageiras que não o milho e o sorgo, cuja elaboração dos parâmetros anteriores foram baseados. Assim, pode-se inferir que os teores de matéria seca das silagens dos genótipos BRS-1501, NPM-1 e CMS-3 não limitaram o processo fermentativo, permitindo bom desenvolvimento das bactérias lácticas, o que refletiu no pH encontrado para todas as silagens.

Os teores de pH variaram pouco entre as silagens estudadas (3,71 para a silagem do genótipo NPM-1 a 3,79 para a do BRS-1501), indicando uma boa conservação do material ensilado. Estes valores foram

semelhantes aos encontrados nas silagens de milheto CMS-1, BRS-1501 e BN-2, avaliadas por Guimarães Jr (2003) aos 56 dias de fermentação, cujo valor médio foi de 3,62 e inferiores aos obtidos por Andrade e Andrade (1982a) de 5,30 aos 68 dias após a ensilagem. Os valores de pH das silagens avaliadas encontram-se dentro da faixa descrita por Machado Filho e Mühlbach (1986), de 3,53 a 5,91 em silagens de milheto. Bishnoi et al. (1993) e Roy (1994) encontraram pH de 4,3, Amaral (2005) obteve para silagens de três cultivares de milheto confeccionadas com a cultura aos 70, 90 e 110 dias de crescimento analisadas aos 50 dias de fermentação, valores de pH médios de 3,65 (BRS-1501), 3,62 (BN-1) e 3,59 (Comum).

Os valores de nitrogênio amoniacal em percentagem do nitrogênio total (NH_3/NT) variaram de 8,86 a 11,97%, respectivamente, para as silagens dos genótipos NPM-1 e BRS-1501, sendo superiores aos obtidos por Amaral (2005) para silagens de milheto confeccionadas aos 70 dias após o plantio (1,45%), 90 (1,28%) e 110 (1,09%) dias e aos determinados por Machado Filho e Mühlbach (1986) de 6,22 para silagem e milheto sem emurchecimento. Guimarães Jr (2003) encontrou valores médios para silagens de milheto aos 56 dias de fermentação de 8,75%, salientando que estes teores aumentaram com o período de avaliação das silagens (1, 3, 5, 7, 14, 28, 56 dias de fermentação) sem tendência de estabilização. De acordo com o AFRC (1987) e Henderson (1993), para que uma silagem seja considerada de boa qualidade os níveis de $\text{N-NH}_3/\text{NT}$ devem variar no máximo de 8 a 11%. Os teores de $\text{N-NH}_3/\text{NT}$ das silagens de milheto avaliadas apresentam-se dentro deste limite, demonstrando a baixa atividade de microrganismos proteolíticos dentro do silo e conseqüentemente baixa degradação da proteína do material ensilado, exceção feita ao BRS-1501. Este fator não desclassifica

este material, tendo em vista o elevado teor de proteína bruta das silagens de milheto quando comparada com outras culturas tradicionalmente utilizadas para esta finalidade. Antunes (2001) encontrou valores entre 7,65 a 8,64% para silagem de milho, Araújo (2002) obteve valores variando de 7,39 a 7,64% para a silagem de sorgo e Pereira (2003) relatou teores de proteína bruta variando entre 7,6 a 9,8% para a silagem de girassol. De acordo com McDonald et al. (1991), a extensão da degradação da proteína varia com a espécie forrageira utilizada, taxa e extensão das mudanças de pH, conteúdo de matéria seca e temperatura.

Quanto à concentração de proteína bruta (PB), todas as silagens de milheto apresentaram valores superiores a 7%, considerado por Van Soest (1994) como o mínimo necessário para um bom desenvolvimento dos microorganismos ruminais. A silagem do genótipo BRS-1501 apresentou o maior valor, 11,83%, sendo seguido pela silagem do CMS-3, 11,45% e pela silagem do NPM-1, 10,73%. Guimarães Jr (2003) encontrou valor médio de PB igual a 10,40%, sendo que a silagem do genótipo BRS-1501 também se destacou entre as demais, com teor de 11,32%. Amaral (2005) encontrou valores médios para silagens de milheto de 12,19% para o genótipo BRS-1501, 11,73% para o cultivar comum e 11,27% para o BN-1. Messman et al. (1992) encontraram 12% de PB e Roy et al. (1994) analisando a silagens de milheto feita com plantas colhidas acima de 12 semanas de idade encontraram 16,92 % de PB. Avaliando silagens de milheto submetidas ao pré-murchamento e inoculadas com aditivos microbianos, Utley et al. (1995) verificaram valores de PB variando de 13,4 a 15,3%. Kichel (1999) comparou silagens milheto, milho e sorgo plantados em período de safrinha (final de fevereiro), ensilados em maio e analisados após 60 dias de confecção Os valores de proteína bruta foram de 12,0 % para o

milheto, 7,8% para o milho e 7,0% para o sorgo. Valores menores nos teores de PB de 9,51% e 8,04% são citados por Chaves (1997) e Valadares Filho et al. (2006), respectivamente.

A concentração de fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) variaram de 70,54 a 71,22% e 37,70 a 39,71%, respectivamente. Uma pequena variação foi observada para estes parâmetros entre as silagens dos genótipos estudados, o mesmo sendo observado para os teores de lignina, que variaram de 1,92 a 2,65%. Guimarães Jr (2003) encontrou menores concentrações de FDN (51,8%), FDA (31,54%) e maiores de lignina (3,89%) aos verificados no presente experimento. Amaral (2003) avaliando três cultivares de milheto submetidos a idades de corte de 70 e 90 dias para produção de silagem encontraram teores FDN variando de 75,44 a 72,58% e FDA de 38,06 a 37,83%, respectivamente. Assim como no trabalho de Guimarães Jr (2003) foi verificado uma elevada degradação das hemiceluloses com o aumento do tempo de ensilagem. Chaves (1997) e Messman et al. (1992) verificaram valores médios de FDN de 68,50 e 66,6% e FDA entre 34,7 e 42,5%, respectivamente. Roy et al. (1994) encontraram valores de 66,28% de FDN e 34,46% de FDA e Utley et al. (1995) avaliando silagens de milheto submetidas ao processo de pré-murchamento e inoculação com aditivo microbiano obtiveram teores de FDN 59,0 a 59,9% e FDA de 38,4 a 41,5%.

Os teores de lignina encontrados no presente experimento podem ser considerados baixos, quando comparados com os dados da literatura para silagens de milheto e outras culturas, conforme observados por Chaves (1997) de 7,80% avaliando silagens de milheto, Tomich (1999) de 6,47% e Pereira (2003) de 6,6% estudando silagens de girassol e Rocha Júnior (1999) de 4,64% para silagens de

sorgo. Valadares Filho et al. (2006) cita os seguintes valores médios para silagem de milheto: 73,04% FDN, 38,25% FDA e 4,26% lignina. Com relação à energia bruta das silagens os teores foram similares, destaque para a silagem do genótipo CMS-3 que apresentou o maior valor de 3855,32 Kcal/kg, seguido pela silagem do NPM-1, 3825,04 Kcal/kg e do BRS-1501, 3792,83 Kcal/kg. Os valores de energia bruta verificados no presente experimento são inferiores aos teores médios verificados para silagens de girassol de 4271, 59 Kcal/kg (Ko, 2002) e para silagens de sorgo de 4298,70 Kcal/kg (Pires, 2003). Quanto aos valores de energia digestível e metabolizável o BRS-1501 (1631,18 e 1254,29 kcal/kg) e o NPM-1 (1608,77 e 1268,58 kcal/kg) apresentaram valores próximos e inferiores ao CMS-3 (1838,21 e 1472,17 kcal/kg), respectivamente.

As diferenças na composição química observadas entre silagens de milheto podem ser justificadas por diversos fatores, como: variedades utilizadas, condições edafoclimáticas, nível de adubação, bem como alturas de corte e estágio de maturidade das plantas no momento da colheita. Além destes fatores, o processo de ensilagem e consequentemente o padrão de fermentação do material no silo também têm grande influência sobre a qualidade das silagens produzidas. No presente experimento as diferenças observadas entre as silagens estão relacionadas às diferenças genéticas entre os materiais, tendo em vista que os mesmos foram cultivados, colhidos e ensilados sob as mesmas condições.

3.5.2. Consumo voluntário e digestibilidade aparente da matéria seca e energia bruta

Os valores de consumo voluntário de matéria seca em gramas por dia (g/dia) e gramas por unidade de tamanho metabólico por dia (g/UTM/dia), digestibilidade

aparente da matéria seca e consumo de matéria seca digestível das silagens dos três genótipos de milho estão na Tabela 2.

Para todos os parâmetros analisados, não foram observadas diferenças estatísticas ($p > 0,05$). Os valores de consumo de matéria seca (CMS) variaram de 699,91 g/dia para a silagem do genótipo NPM-1 a 648,63 g/dia para a silagem do BRS-1501. Para o consumo de matéria seca em g/unidade de tamanho metabólico (CMS-UTM) os valores oscilaram de 42,12 (BRS-1501) a 44,22 (NPM-1). O valor médio encontrado para as silagens dos três genótipos foi de 43,42 g/UTM, superior aos resultados verificados por Machado e Mühlbach (1983) de 24,4 (sem emurhecimento) e 34,7 g/UTM (emurhecido). Pinto et al (1999) comparando o valor nutritivo de silagens de capim-sudão, milho, teosinto e milho para ovinos, encontraram valores de CMS-UTM para as silagens de capim-sudão, milho, teosinto e milho iguais a 57,73, 23,10, 54,12 e 67,61 g/UTM/dia, respectivamente. De acordo com os autores o pior consumo da silagem de milho ocorreu devido ao seu maior teor de FDN, presença de pequenas partes mofadas, menor concentração de ácido láctico e maior teor de nitrogênio amoniacal. Baixos consumos de silagem de milho também foram verificados no trabalho de Silveira (1980) para silagens de milho em pré-

florescimento (30,1 g/UTM/dia) e florescimento pleno (30,4 g/UTM/dia). No entanto, Amaral (2005) avaliando dois cultivares de milho, obteve valores de 49,45 e 55,45 g/UTM/dia para as silagens dos cultivares BRS-1501 e BN-1, respectivamente em ovinos. Os valores de CMS-UTM obtidos no presente experimento são inferiores aos relatados por Freitas et al. (2002a) que encontraram CMS-UTM variando entre 54,86 a 67,0 g/UTM/dia para silagens de milho em ovinos e por Ko (2002) avaliando silagens de quatro genótipos de girassol, com valores de CMS-UTM entre 50,18 a 74,53 g/UTM/dia. Quando comparado à silagem de sorgo, foram obtidos valores maiores e menores conforme verificado no experimento de Pires (2003), que avaliou o consumo de silagens de sorgo com e sem tanino no grão e obteve resultados variando de 28,16 a 51,24 g/UTM/dia. McDonald et al. (1991) encontrou uma amplitude de variação para CMS-UTM de silagens entre 20 a 70 g/UTM/dia em ovinos.

Considerando a necessidade de CMS-UTM de 46 g/UTM/dia recomendada pelo AFRC (1993) para a manutenção de ovinos com peso médio de 38 kg e alimentando-se exclusivamente com silagens, observa-se que as silagens de milho apresentaram consumos muito próximos dos recomendados. Salienta-se ainda que maiores CMS-UTM poderão ser

Tabela 2. Valores médios de consumo de matéria seca (CMS) em g/dia, consumo de matéria seca em g/UTM/dia, (CMS-UTM), digestibilidade aparente da matéria seca (DAMS) em percentagem (%), consumo de matéria seca digestível em g/UTM/dia (CMSD) das silagens de três genótipos de milho

Parâmetros	Genótipos			Média	CV (%)
	BRS-1501	NPM-1	CMS-3		
CMS	648,63 ^A	699,91 ^A	659,75 ^A	669,34	16,19
CMS-UTM	42,12 ^A	44,22 ^A	43,91 ^A	43,42	17,96
DAMS	47,55 ^A	45,83 ^A	49,87 ^A	47,75	6,55
CMSD	31,36 ^A	32,00 ^A	32,89 ^A	32,08	18,22

Médias seguidas por letras maiúsculas distintas significam diferença estatística em uma mesma linha ($p < 0,05$).

alcançados, tendo em vista que os teores de FDN das silagens avaliadas foram elevados, com valor médio de 70,93%. De acordo Oba e Allen (1999) o excesso de FDN na dieta, frequentemente, limita o consumo voluntário devido aos efeitos físicos dos alimentos exercidos sobre o rúmen e a diminuição da taxa de passagem.

Quanto à digestibilidade aparente da matéria seca (DAMS) foram obtidos os seguintes valores: 49,87% para a silagem do genótipo CMS-3, 47,55% para a silagem do BRS-1501 e 45,83% para a silagem do NPM-1. O valor médio para as silagens dos três genótipos de 47,75% foi inferior aos observados por Pinto et al. (1999) e Machado Filho e Mühlbach (1983) de 65,16 e 56,90%, respectivamente e próximos ao encontrado por Andrade e Andrade (1982b) avaliando a DAMS da silagem de milho sem aditivo (48,98%). Já Amaral (2005) avaliando silagens de dois genótipos de milho confeccionadas em três épocas de corte (70, 90 e 100 dias) encontrou valores de DAMS entre 36,02 a 50,07% para as silagens do genótipo BRS-1501, confeccionadas aos 70 e 110 dias de idade, respectivamente e valores variando de 40,56% aos 70 dias a 47,66% aos 110 dias de idade para as silagens do BN-1. Freitas et al. (2002a) relataram valores variando entre 61,50 a 63,93% para silagens de cinco genótipos de milho e Pires (2003) entre 49,79 a 72,67% para silagens de quatro linhagens de sorgo com e sem tanino nos grãos. Para silagens de girassol, Ko (2002) encontrou teores variando entre 46,91 a 53,60 %.

Os valores de consumo de matéria seca digestível variaram de 31,36 g/dia para a silagem do genótipo BRS-1501 a 32,89 g/dia para a silagem do CMS-3. Amaral (2005) encontrou menores valores de CMSD para silagens do genótipo BRS-1501 variando de 17,38 g/UTM/dia quando a mesma foi confeccionada com a planta colhida aos 110 dias e 24,65 g/UTM/dia aos

70 dias. O mesmo foi verificado por Silveira (1980) cujos valores encontrados para este parâmetro foram de 20,3 e 14,8 g/UTM/dia para silagens de milho colhido nos estádios de pré-florescimento e florescimento pleno. O CMSD é um parâmetro importante de ser avaliado, pois relaciona o CMS-UTM com a DAMS, levando a interpretações mais precisas do consumo voluntário.

Na Tabela 3 são apresentados os valores de consumo de energia bruta, digestibilidade da energia bruta, consumo de energia digestível e energia metabolizável.

Os consumos de energia bruta variaram de 237,48 g/UTM/dia para a silagem do genótipo NPM-1 a 256,12 g/UTM/dia para o CMS-3, não sendo observadas diferenças estatísticas entre as silagens. O mesmo não foi verificado nos valores de digestibilidade aparente da energia bruta (DAEB), cujo maior valor foi obtido para a silagem do CMS-3 de 47,67% ($p < 0,05$). As silagens dos genótipos BRS-1501 e NPM-1 não diferiram entre si ($p > 0,05$) apresentando, respectivamente, valores de 42,05 e 43,00%. Estes valores foram inferiores aos encontrados por Pinto et al. (1999) (69,25%) para a silagem de milho. Porém, as diferenças estatísticas encontradas para DAEB não interferiram nos consumos de energia digestível (CED) e metabolizável (CEM), tendo em vista que não foram verificadas diferenças ($p > 0,05$) entre os materiais avaliados para estes parâmetros. Isto pode ser justificado pelos maiores coeficientes de variação encontrados no presente experimento, quando comparados às mesmas avaliações em outros estudos. Os coeficientes de variação encontrados para CED e CEM foram, respectivamente, 23,63 e 19,76%, superiores aos obtidos por Pinto et al (1999) de 15,23% para CED, 14,11 e 15,08% verificados por Pires (2003) em silagens de sorgo e 14,53 e 14,72% para silagens de milho (Freitas et al., 2002a), respectivamente, para CED e

Tabela 3. Valores médios de consumo de energia bruta em Kcal/UTM/dia (CEB), digestibilidade aparente da energia bruta (DAEB) em %, consumo de energia digestível (CED) em Kcal/UTM/dia, consumo de energia metabolizável (CEM) em Kcal/UTM/dia, consumo de energia digestível por grama de MS consumida/UTM em Kcal ED/gMS (CED/CMS) e consumo de energia metabolizável por grama de MS consumida/UTM em Kcal EM/gMS (CEM/CMS) das silagens de três genótipos de milho

Parâmetros	Genótipos			Média	CV (%)
	BRS-1501	NPM-1	CMS-3		
CEB	244,89 ^A	237,48 ^A	256,12 ^A	246,16	18,17
DAEB	43,00 ^B	42,05 ^B	47,67 ^A	44,24	8,09
CED	105,59 ^A	100,20 ^A	123,15 ^A	109,64	23,63
CEM	81,27 ^A	79,05 ^A	98,81 ^A	86,37	19,76
CED/CMS	2,48 ^A	2,26 ^A	2,80 ^A	2,51	16,46
CEM/CMS	1,92 ^A	1,78 ^A	2,25 ^A	1,98	16,41

Médias seguidas por letras maiúsculas distintas significam diferença estatística em uma mesma linha ($p < 0,05$).

CEM. Ainda assim, os coeficientes de variação encontrados no presente experimento encontram-se dentro da faixa de 20 a 30% esperada para respostas envolvendo animais (Sampaio, 2002).

Os valores de CED e CEM variaram de 100,20 e 79,05 g/UTM/dia para a silagem do genótipo NPM-1 a 123,15 e 98,81 g/UTM para a silagem do CMS-3, respectivamente. Quanto aos valores de consumo de energia digestível em Kcal por grama de matéria seca consumida (CED/CMS) as silagens dos genótipos NPM-1 (2,26 Kcal/UTM/dia), BRS-1501 (2,48 kcal/UTM/dia) e CMS-3 (2,80 Kcal/UTM/dia) não diferiram estatisticamente ($p > 0,05$). Os consumos de energia metabolizável por grama de matéria seca consumida (CEM/CMS) tiveram o mesmo padrão de comportamento do parâmetro anterior. A silagem do CMS-3 apresentou valor igual a 2,25 Kcal/UTM/dia, a do NPM-1, 1,78 Kcal/UTM/dia e a do BRS-1501, 1,92 kcal/UTM/dia não diferindo estatisticamente.

No presente experimento os valores de CMS e CEB apresentaram correlação de 0,9048, concordando com Crampton (1957), que considera o consumo de um

alimento altamente correlacionado com a densidade calórica e o consumo de energia.

Os valores de CED encontrados neste experimento foram superiores aos encontrados por Pinto et al. (1999) de 61,65 Kcal/UTM/dia, Bona e López (1979) de 87,13 e 89,40 Kcal/UTM/dia e Silveira (1980) de 63,70 e 89,50 Kcal/UTM/dia, avaliando o valor nutritivo de silagens de milho em ovinos. Pires (2003) encontrou valores superiores (161,54 e 142,47 Kcal/UTM/dia) e inferiores (94,14 e 59,18 Kcal/UTM/dia) para silagens de sorgo, já Freitas et al. (2002a) encontrou uma média de 167,61 Kcal/UTM/dia CED para silagens de cinco genótipos de milho e Ko (2002) de 156,91 Kcal/UTM/dia para silagens de quatro genótipos de girassol em ovinos.

3.5.3. Consumo voluntário e digestibilidade aparente da proteína bruta e balanço de nitrogênio

O consumo voluntário de proteína bruta, digestibilidade aparente da proteína bruta e o consumo de proteína digestível das

Tabela 4. Valores médios de consumo de proteína (CPB) em g/dia, digestibilidade aparente da PB (DAPB) em %, consumo de proteína bruta em g/UTM/dia (CPB-UTM) e consumo de proteína digestível em g/UTM/dia (CPD) silagens de três genótipos de milho

Parâmetros	Genótipos			Média	CV (%)
	BRS-1501	NPM-1	CMS-3		
CPB	76,33 ^A	75,03 ^A	75,86 ^A	75,74	16,44
DAPB	57,58 ^B	53,64 ^B	62,54 ^A	57,92	6,27
CPB-UTM	4,95 ^A	4,74 ^A	5,04 ^A	4,91	18,05
CPD	2,88 ^A	2,54 ^A	3,17 ^A	2,86	22,33

Médias seguidas por letras maiúsculas distintas significam diferença estatística em uma mesma linha ($p < 0,05$).

silagens de três genótipos de milho são mostrados na Tabela 4.

Os valores de consumo de proteína bruta (CPB) não variaram entre as silagens dos genótipos avaliados ($p > 0,05$), sendo os valores apresentados de 76,33 g/dia para a silagem do BRS-1501, 75,86 g/dia para a silagem do CMS-3 e 75,03 g/dia para a silagem do NPM-1. O mesmo foi verificado para os valores de CPB-UTM que variaram de 5,04 g/UTM/dia para a silagem do genótipo CMS-3 a 4,74 g/UTM/dia para a silagem do NPM-1, com média geral de 4,91 g/UTM/dia. As diferenças estatísticas encontradas para DAPB não foram suficientes para explicar o consumo de proteína digestível (CPD), pois as silagens foram semelhantes para este parâmetro ($p > 0,05$) provavelmente em função do maior CV da análise (22,33%). O maior valor de DAPB foi obtido para a silagem do genótipo CMS-3 de 62,54%, sendo seguido pelos genótipos NPM-1 (53,64%) e BRS-1501 (57,58%) que não diferiram estatisticamente entre si. Os valores de CPD foram de 2,86 g/UTM/dia para a silagem do genótipo CMS-3, 2,88 g/UTM/dia para a silagem do BRS-1501 e 2,54 g/UTM/dia para a silagem do NPM-1.

O valor médio de DAPB encontrado para as silagens avaliadas neste experimento de 57,92% foi próximo ao encontrado por Bona e López (1979) de 60,83%, inferior aos obtidos por Pinto et al. (1999) de

75,53% e Machado Filho e Mühlbach (1983) de 68,8 e 69,3% e superiores aos obtidos por Andrade e Andrade (1982b) de 32,08% e Silveira (1980) de 53,1% %, para silagens de milho avaliadas em ovinos. Já Amaral (2005) encontrou DAPB variando de 36,29 a 63,28% para dois genótipos de milho (BRS-1501 e BN-1) cujas silagens foram fabricadas em três idades de corte (70, 90 e 110 dias). Para silagens de sorgo, Pires (2003) encontrou valores de DAPB entre 38,61 a 69,53%, Ko (2002) obteve valores entre 52,89 a 62,55% para silagens de girassol e Freitas et al. (2002a) entre 55,46 a 59,37% para silagens de milho.

O CPD médio encontrado para as silagens no presente experimento (2,86 g/UTM/dia) foi superior aos obtido por Pinto et al. (1999) de 1,81 g/UTM/dia aos de Silveira (1980) de 0,98 e 1,196 g/UTM/dia e de Bona e López (1979) de 2,21 g/UTM/dia e próximo ao encontrado por Amaral (2005) para silagens de milho obtidas com a cultura aos 70 dias de idade (2,92 g/UTM/dia), em ovinos. Para silagens de sorgo, girassol e milho, os valores de CPD variaram de 0,76 a 3,25 g/UTM/dia, 3,13 a 4,24 g/UTM/dia e 4,24 a 5,19g/UTM/dia, respectivamente (Pires, 2003; Ko, 2002; Freitas et al., 2002a). Mesmo não sendo observadas diferenças estatísticas entre os CMSD, no presente experimento, o CMSD apresentou correlação de 0.8189 com o CPD, mostrando a influência positiva dos maiores

teores de PB sobre o consumo, de acordo com Van Soest (1994).

É de se destacar os valores de CPD no presente experimento, sendo que todos os materiais avaliados supriram a exigência de CPD para manutenção de ovinos de 2,46 g/UTM/dia de acordo com AFRC (1993). Isto pode ser explicado pela boa DAPB e concentração de PB nas silagens, característica favorável das silagens de milho.

Na Tabela 5 são observados os valores de nitrogênio ingerido, nitrogênio eliminado nas fezes (fecal), nitrogênio eliminado na urina (urinário), nitrogênio retido (diferença entre a quantidade de nitrogênio ingerido e excretado) e a relação entre nitrogênio retido sobre o ingerido.

Os teores de nitrogênio (N) ingerido foram estatisticamente semelhantes entre as silagens dos genótipos avaliados, sendo verificadas pequenas variações, de 12,00 g/dia para a silagem do NPM-1 a 12,20 para a silagem do BRS-1501. Os valores de N ingerido do presente experimento foram superiores aos encontrados por Amaral (2005) avaliando silagens de milho para ovinos, cujos valores variaram de 8,04 g/dia para a silagem do BRS-1501 fabricada aos 90 dias de idade a 8,53 para o BN-1 aos 70 dias. Uma variação maior, porém não

significativa foi observada para o N fecal, cujos valores oscilaram de 4,55 para a silagem do CMS-3 a 5,57 para a silagem do NPM-1. Os teores de N urinário não diferiram ($p>0,05$), sendo que as silagens dos materiais apresentaram valores próximos, variando de 0,39 g/dia para a do BRS-1501 a 0,40 g/dia para as silagens do NPM-1 e CMS-3. Quanto ao N retido, todas as silagens avaliadas apresentaram balanço positivo e com média de 6,62 g/dia, mostrando que os animais não apresentaram perda de proteína ou compostos nitrogenados em relação à quantidade de proteína consumida. Para este parâmetro também não foram observadas diferenças ($p<0,05$) entre as silagens. A eficiência da utilização da proteína retida pelos animais foi medida por meio da relação N retido/N ingerido. Para este parâmetro a silagem do CMS-3 se destacou entre as demais ($p<0,05$), com uma eficiência de 59,18%. A silagem do BRS-1501 reteve 54,23% do N ingerido e foi semelhante ($p>0,05$) ao NPM-1 que reteve 50,14%. O valor médio encontrado para as silagens de milho, 54,51% foi superior à média encontrada por Freitas et al. (2002a) para silagens de cinco genótipos de milho de 49,66%, Pires (2003) avaliando silagens de quatro genótipos de sorgo, cujo valor médio foi de 33,5% e Ko (2002) que verificou valor de 18,55% para a silagem do genótipo de girassol EPM.

Tabela 5. Nitrogênio (N) ingerido, N fecal, N urinário e balanço de nitrogênio em gramas por dia (g/dia) das silagens de três genótipos de milho

Parâmetros	Genótipos			Média	CV (%)
	BRS-1501	NPM-1	CMS-3		
N ingerido	12,20 ^A	12,00 ^A	12,13 ^A	12,11	16,44
N fecal	5,11 ^A	5,57 ^A	4,55 ^A	5,07	16,91
N urinário	0,39 ^A	0,40 ^A	0,40 ^A	1,19	14,59
N retido	6,69 ^A	6,01 ^A	7,17 ^A	6,62	19,91
N ret /N ing (%)	54,23 ^B	50,14 ^B	59,18 ^A	54,51	6,86

Médias seguidas por letras maiúsculas distintas significam diferença estatística em uma mesma linha ($p<0,05$).

A determinação do balanço de N é útil para avaliar se o animal se encontra em equilíbrio quanto aos compostos nitrogenados e se, sob determinadas condições alimentares ocorre ganho ou perda de N. Assim, o balanço de nitrogênio positivo observado em todos os tratamentos, indica que não aconteceram perdas de proteínas pelo organismo, durante o período experimental. Além disso, a correlação entre CPD e N retido encontrada no presente experimento (0,88), reforça a afirmativa da boa qualidade da proteína bruta das silagens de milho, tendo em vista que a mesma foi utilizada de forma eficiente pelos animais.

3.5.4. Consumo voluntário e digestibilidade das frações fibrosas

Na Tabela 6 são verificados os consumos de FDN e FDN digestível, digestibilidade da FDN e consumos de FDA e FDA digestível.

O consumo de FDN variou de 25,40 a 28,20 g/UTM/dia para as silagens dos genótipos BRS-1501 e NPM-1, respectivamente, não sendo observadas diferenças significativas entre os materiais

($p > 0,05$). Quanto à digestibilidade da FDN as silagens seguiram a mesma tendência, apresentando valores de 41,06% para a silagem do CMS-3, 39,49% para a silagem do NPM-1 e 38,72% para a silagem do BRS-1501, sendo o valor médio igual a 39,76%. Para o consumo de FDND os valores oscilaram entre 9,91 a 11,17 g/UTM/dia para as silagens dos genótipos BRS-1501 e NPM-1, respectivamente. Assim como os parâmetros anteriores, as silagens dos genótipos avaliados foram semelhantes estatisticamente.

Os parâmetros avaliados para a fração FDA não apresentaram diferenças ($p > 0,05$) entre as silagens avaliadas. O CFDA variou de 15,77 a 17,57 g/UTM/dia para as silagens dos genótipos BRS-1501 e NPM-1, respectivamente. A DFDA média foi igual a 37,59% e variou de 39,16% para a silagem do BRS-1501 a 42,04 para silagem do CMS-3 e o CFDAD foi de 7,26 g/UTM para a silagem do CMS-3, 6,96 g/UTM para a silagem do NPM-1 e 6,22 para a do BRS-1501. Levando em consideração a influência dos teores de FDN no consumo e FDA na digestibilidade da matéria seca, que também influencia o consumo, a ausência de diferenças estatísticas entre as silagens para os parâmetros avaliados na Tabela 6

Tabela 6. Valores médios de consumo de fibra em detergente neutro (CFDN) em g/UTM/dia, digestibilidade da fibra em detergente neutro (DFDN) em %, consumo de fibra em detergente neutro digestível em g/UTM/dia (CFDND), consumo de fibra em detergente ácido (CFDA) em g/UTM/dia, digestibilidade da fibra em detergente ácido (DFDA) em % e consumo de FDA digestível em g/UTM/dia (CFDAD)

Parâmetros	Genótipos			Média	CV (%)
	BRS-1501	NPM-1	CMS-3		
CFDN	25,40 ^A	28,20 ^A	26,54 ^A	26,71	18,11
DFDN	38,72 ^A	39,49 ^A	41,06 ^A	39,76	9,76
CFDND	9,91 ^A	11,17 ^A	11,04 ^A	10,71	24,74
CFDA	15,77 ^A	17,57 ^A	17,06 ^A	16,80	18,04
DFDA	39,16 ^A	39,57 ^A	42,04 ^A	40,25	9,08
CFDAD	6,22 ^A	6,96 ^A	7,26 ^A	6,81	23,85

Médias seguidas por letras maiúsculas distintas significam diferença estatística em uma mesma linha ($p < 0,05$).

são coerentes com os dados de consumo de matéria seca (Tabela 2), onde os genótipos também foram semelhantes ($p>0,05$).

Pinto et al. (1999) avaliando silagens de milho para ovinos, verificaram maiores valores para DFDN (56,73%) e DFDA (56,27) do que os obtidos neste experimento. Já Amaral (2005) encontrou maiores CFDN para silagens de milho confeccionadas aos 70 (16,42 g/UTM/dia), 90 (17,05 g/UTM/dia) e 110 dias de idade (12,96 g/UTM/dia). Para a DFDN os mesmos autores relataram maiores valores para as silagens confeccionadas aos 70 e 90 dias de idade, de 46,35 e 42,30% e menores para as silagens feitas quando a planta apresentava 110 dias de idade (36,06%). Ainda neste experimento, os teores de FDAD foram semelhantes e maiores do que a média encontrada no presente experimento (6,81 g/UTM/dia), variando de 7,22g/UTM/dia (110 dias) a 9,29 g/UTM/dia (90 dias). A DFDA variou entre 32,98 a 39,85%, sendo o último valor próximo ao valor médio obtido neste experimento de 37,59%. Para silagens de milho, sorgo e girassol, os valores médios para CFDN, DFDN e CFDA foram iguais a 16,65g/UTM/dia, 40,32% e 12,00 g/UTM/dia; 19,89 g/UTM/dia, 57,8% e 11,03 g/UTM/dia e 29,38 g/UTM/dia, 32,25% e 21 g/UTM/dia, respectivamente (Freitas et al., 2002b; Pires, 2003 e Ko, 2002).

Considerando os valores médios de DFDN (39,76%) e DFDA (40,25%) as silagens dos três genótipos de milho apresentaram boa digestibilidade da fração fibrosa, mesmo com elevados teores de FDN (70,92%) e FDA (38,92%). Em função das altas correlações verificadas entre CMS e CFDN e CMS e CFDA neste experimento, ambas iguais a 0,98, pode-se sugerir que maiores consumos de matéria seca poderão ser verificados com a planta ensilada mais jovem. No entanto, quando a planta é colhida mais jovem o risco de acamamento

da cultura aumenta. Desta forma, mais estudos são necessários para se determinar o momento de colheita da cultura do milho para produção de silagem.

Na Tabela 7 aparecem os consumos de hemiceluloses e hemiceluloses digestíveis, digestibilidade da hemicelulose, consumos de celulose e celulose digestível, digestibilidade da celulose e consumo de lignina das silagens dos três genótipos de milho.

Com relação às hemiceluloses as silagens dos genótipos avaliados não diferiram entre si para os parâmetros avaliados, mostrando que os constituintes da parede celular do milho podem ser semelhantes. Isto poderá ser melhor elucidado estudando-se a ultraestrutura da parede celular das silagens de milho. Os CHCEL variaram de 9,47 g/UTM/dia para a silagem do genótipo CMS-3 a 10,63 g/UTM/dia para a do NPM-1. A digestibilidade média das hemiceluloses foi de 38,89%, variando de 38,02 a 39,35% para os genótipos BRS-1501 e NPM-1, respectivamente. Já os consumos de hemiceluloses digestíveis foram de 4,20 g/UTM/dia para a silagem do genótipo NPM-1, 3,78 g/UTM/dia para a silagem do CMS-3 e 3,69 g/UTM/dia para a silagem do BRS-1501. A digestibilidade média das hemiceluloses encontrada neste experimento foi próxima à encontrada para silagens de cinco genótipos de milho (43,68%) verificada no trabalho de Freitas et al. (2002b) e Ko (2002) avaliando silagens de quatro genótipos de girassol (41,01%) e inferior à obtida por Pires (2003) para silagens de quatro genótipos de sorgo (58,05%) em ovinos. Nestes mesmos trabalhos, os valores de CHCELD foram, respectivamente, 5,67 g/UTM/dia, 3,5 g/UTM/dia e 5,22 g/UTM/dia.

Quanto à celulose as silagens dos genótipos avaliados também não diferiram estatisticamente para os parâmetros avaliados. Os consumos de celulose foram

Tabela 7. Valores médios de consumo de hemiceluloses (CHCEL) em g/UTM/dia, consumo de hemiceluloses digestíveis em g/UTM/dia (CHCELD), digestibilidade das hemiceluloses (DHCEL) em %, consumo de celulose (CCEL) em g/UTM/dia, consumo de celulose digestível em g/UTM/dia (CCELD), digestibilidade da celulose (DCEL) em %, consumo de lignina (CLIG) em g/UTM/dia, das silagens de três genótipos de milho

Parâmetros	Genótipos			Média	CV (%)
	BRS-1501	NPM-1	CMS-3		
CHCEL	9,62 ^A	10,63 ^A	9,47 ^A	9,91	18,22
DHCEL	38,02 ^A	39,35 ^A	39,29 ^A	38,89	11,43
CHCELD	3,69 ^A	4,20 ^A	3,78 ^A	3,89	26,46
CCEL	14,99 ^A	16,36 ^A	16,29 ^A	15,88	17,99
DCEL	42,41 ^A	42,45 ^A	45,72 ^A	43,53	8,39
CCELD	6,39 ^A	6,95 ^A	7,52 ^A	6,95	23,15
CLIG	0,78 ^B	1,20 ^A	0,77 ^B	0,92	19,51

Médias seguidas por letras maiúsculas distintas significam diferença estatística em uma mesma linha ($p < 0,05$).

de 16,36 g/UTM/dia para a silagem do genótipo NPM-1, 16,29 g/UTM/dia para a silagem do CMS-3 e 14,99 g/UTM/dia para a silagem do BRS-1501. Os valores de digestibilidade da celulose foram numericamente maiores do que a digestibilidade das hemiceluloses, provavelmente porque a fração mais digestível da hemicelulose foi degradada durante o processo de ensilagem, conforme já observado por Guimarães Jr (2003), ficando a hemicelulose menos digestível para ser utilizada pelo animal. Os valores de DCEL obtidos neste experimento foram similares aos observados para silagens de milho, de 43,35%, inferiores aos observados para silagens de sorgo, de 55,40% e superiores aos verificados para silagens de girassol, de 33,6% (Freitas et al., 2002b; Pires, 2003; Ko, 2002). Os teores de CCELD variaram de 6,39 a 7,32 g/UTM/dia para os genótipos de BRS-1501 e CMS-3, respectivamente, sendo o valor médio de 6,95 g/UTM/dia superior ao encontrado nos mesmos trabalhos citados anteriormente avaliados em ovinos (Freitas et al., 2002b; Ko, 2002; Pires, 2003).

Diferente dos outros parâmetros avaliados na Tabela 6, o consumo de lignina diferiu

($p < 0,05$) entre as silagens dos genótipos avaliados. O maior CLIG obtido em silagens de outras forrageiras foi verificado para a silagem do NPM-1 (1,20 g/UTM/dia), sendo seguido pelas silagens dos genótipos BRS-1501 (0,78 g/UTM/dia) e CMS-3 (0,77 g/UTM/dia), que não diferiram estatisticamente entre si. Os valores de CLIG variaram de 1,71 a 2,37 para silagens de milho, 3,32 a 4,93 em silagens de girassol e 1,70 a 2,97 em silagens de sorgo (Freitas et al., 2002b; Ko, 2002; Pires, 2003).

No presente experimento, as diferenças quanto ao consumo de lignina não foram suficientes para causar diferenças estatísticas nos CMS-UTM, pois, conforme mencionado anteriormente, a concentração de lignina nas silagens foi baixa.

3.6. CONCLUSÕES

As silagens dos genótipos avaliados foram semelhantes quanto aos valores de consumo voluntário da matéria seca, energias, proteína bruta, e frações fibrosas.

Os teores de proteína bruta das silagens avaliadas foram elevados e utilizados de forma eficiente pelos animais.

O genótipo CMS-3 se destacou entre os demais em função dos maiores valores de digestibilidade aparente da energia bruta, digestibilidade aparente da proteína bruta, bem como por sua eficiência de utilização deste nutriente.

A fração fibrosa das silagens avaliadas apresentaram boa digestibilidade.

Os resultados deste experimento permitem indicar o milho como uma opção para utilização na forma de silagem.

3.7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGRICULTURAL AND FOOD RESEARCH COUNCIL: *Energy and protein requirements of ruminants*. Wallingford: CAB International, 1993. 159p.

AFRC technical committee on responses to nutrients. Report n.2. Characterization of feedstuffs: nitrogen. *Nut. Abst. and Reviews*, Ser. B, v.57, n.12, p.713-736, 1987.

ALMEIDA, E.X.; TCACENCO, F.A.; STUCKER, H.; GROSS, C.D. Avaliação de cultivares de sorgo, milho, milho e teosinto para o vale do Itajaí. *Agrop. Catarinense*, v.6, n.3, p.25 - 29, 1993.

AMARAL, P. N. C. *Silagem e rolão de milho em diferentes idades de corte*. 2003. 78p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

AMARAL, P. N. C. *Produção e qualidade da silagem de três cultivares de milho*.

2005. 125p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

ANDRADE, J. B.; ANDRADE, P. Digestibilidade in vivo de silagem de milho (*Pennisetum americanum* (L.) K. Schum.). *Bol. Ind. Anim.*, v. 39, n.1, p.67-73, 1982a.

ANDRADE, J. B.; ANDRADE, P. Produção de silagem de milho (*Pennisetum americanum* (L.) K. Schum.). *Bol. Ind. Anim.*, Nova Odessa, v.39, n.1, p.67-73, 1982b.

ANTUNES, R.C. *Padrão de fermentação das silagens de seis genótipos de milho (Zea mays L.)* 2001. 50p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

ARAÚJO, V.L. *Momento de colheita de três genótipos de sorgo para a produção de silagem*. 2002. 47p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

ASSOCIATION OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS International. *Official methods of analysis*. 16 ed. Washington, D.C.: *Animal feed.*, 1995.

BISHNOI, U. R.; OKA, G. M.; FEARON, A. L. Quantity and quality of forage of pearl millet in comparison to Sudax, grain and forage sorghums harvested at different growth stages. *Trop. Agric.*, v.70, n.2, p.98-102, 1993.

BONA, A. F.; LÓPEZ, J. Avaliação da qualidade da silagem de milho comum (*Pennisetum americanum* (L.) Leeke) com suplementação nitrogenada ou energética. *Rev. Soc. Bras. Zootec.*, v.8, n.2, p.316-331, 1979.

- BLAXTER, K.L.; CLAPPERTON, J.L. Prediction of the amount of methane produced by ruminants. *Br. J. Nutr.*, v. 19, n.4, p511-522, 1965.
- CHAVES, C. *Produção e valor nutritivo das silagens de capim sudão [Sorghum sudanense (Piper) Stapf, milheto (Pennisetum americanum (L.) Leek), teosinto (Euchlaena mexicana Schrad) e milho (Zea mays L.)].* 1997. 56p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.
- CRAMPTON, E. W. Interrelations between digestible nutrient and energy content, voluntary dry matter intake, and the overall. *J. Anim. Sci.*, v.16, p.546-552, 1957.
- FREITAS, G. A. R.; COELHO, S. G.; GONÇALVES, L.C. et al. Consumo e digestibilidade aparente da matéria seca, proteína e energia bruta, e balanço de nitrogênio das silagens de cinco genótipos de milho (*Zea mays* L.) em ovinos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39, 2002, Recife. *Anais...* Recife: SBZ, 2002a. CD-ROM.
- FREITAS, G. A. R.; GONÇALVES, L.C. COELHO, S. G.; et al. Consumo e digestibilidade aparente das frações fibrosas das silagens de cinco genótipos de milho (*Zea mays* L.) em ovinos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39, 2002, Recife. *Anais...* Recife: SBZ, 2002b. CD-ROM
- GUIMARÃES JR, R. *Potencial forrageiro, perfil de fermentação e qualidade das silagens de três genótipos de milheto [pennisetum glaucum (l). R. Br.]*. 2003. 44p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG.
- HENDERSON, N. Silage additives. *Animal Feed Science and Technology*, v.45, n.1, p. 35-56, 1993.
- KICHEL, A.N.; MIRANDA, C.H.B.; SILVA, J.M. O milheto (*Pennisetum americanum* (L.) Leek) como planta forrageira. In: WORKSHOP INTERNACIONAL DE MILHETO, 1999, Brasília. *Anais...* Brasília: EMBRAPA, 1999, p.97 –103.
- KO, H. J. F. *Consumo voluntário e digestibilidade aparente das silagens de quatro genótipos de girassol (Helianthus annuus) – Rumbosol 91, M734, C11, S430.* 2002. 42p. Dissertação (mestrado em zootecnia) – Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- MACHADO FILHO, L.C.P.; MÜHLBACH, P.R.F. Efeito do emurhecimento na qualidade da silagens de Capim – Elefante (*Pennisetum purpureum* Schumach.) e de Milheto (*Pennisetum americanum* (l.) Leek), avaliadas quimicamente. *Rev. Soc. Bras Zootec.*, v.15, n.3, p.224 – 233, 1986.
- MACHADO FILHO, L.C.P.; MÜHLBACH, P.R.F. Consumo voluntário, digestibilidade da matéria seca e proteína bruta e retenção de N em ovinos alimentados com silagem de cameron ou milheto, emurhecidos ou não. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 20, 1983, Pelotas. *Anais...* Pelotas: SBZ, 1983. p. 146.
- MAYNARD, L.A.; LOOSLI, B.S.; HINTZ, H.F. et al. *Nutrição animal*. 3 ed. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1984. 726p.
- McCULLOUGH, M.E. Silage: some generations. In: McCULLOUGH, M.E. (Ed.). *Fermentation of silage: a review*. Iowa: NFIA, 1978. p. 1-26.

- McDONALD, P.; HENDERSON, A. R.; HERON, S.J.E. *The Biochemistry of silage*. Marlow: Chalcombe Publications, 1991. 340p.
- MENEGATTI, D. P. *Nitrogênio na produção e no valor nutritivo de três gramíneas do gênero Cynodon*. 1999.76p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Lavras.
- MESSMAN, M.; WEISS W. P.; HENDERLONG, P. R. et al. Evaluation of Pearl Millet and Field Peas Plus Triticale Silages for Midlactation Dairy Cows. *J. Dairy Sci.*, v.75, n.10, p.2759 – 2775, 1992.
- MEYER, H.; BRONSCH, K.; LEIBETSEDER, J. *Supplemente zu vorlesungen und bungen in der tierernahrung*. Hanover: Verlag M. e H.Schaper, 1989.
- OBA, M.; ALLEN, M. S. Evaluation of the importance of the digestibility of neutral detergent fiber from forage: effects on dry matter intake and milk yield of dairy cows. *J. Dairy Sci.* v.82, n.3, p. 589-596, 1999.
- PAIVA, J. A. J. *Qualidade da silagem da região metalúrgica de Minas Gerais*. 1976. 85p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- PEREIRA, L. G. R. *Potencial forrageiro da cultura do girassol (Helianthus annuus L.) para a produção de silagem*. Belo Horizonte: Escola de Veterinária da UFMG, 2003. 134p. Dissertação (Doutorado em Ciência Animal).
- PINTO, J. C.; CHAVES, C. A. S.; PÉREZ, J. R. O. et al. Valor nutritivo das silagens de capim-sudão, milheto, teosinto e milho. 1. Consumo e digestibilidade aparente. *Ciênc. e Agrotec.*, v.23, n.4, p.980-986, 1999.
- PIRES, D. A. A. *Consumo e digestibilidade aparente em ovinos, de silagens de sorgo (Sorghum bicolor (L.)) com e sem tanino nos grãos*. 2003. 52p. Dissertação (Mestrado em zootecnia) Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- ROBERTSON, J.B.; VAN SOEST, P.J. The detergent system of analysis and its application to humans foods. In: JAMES, H.P.T., THEANDER, O. (ed). *The analysis of dietary fiber in food*. New York: Marcel Dekker, p.123-158, 1981.
- ROCHA JÚNIOR, V.R. *Qualidade das silagens de sete genótipos de sorgo (Sorghum bicolor L. Moench) e seus padrões de fermentação*. 1999. 132p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- ROY, B.; BISWAS, P.; DAS, M.K. Nutrient changes of Hybrid Napier (*Pennisetum thipoides*) and Thin Napier (*Pennisrtum Polystachyon*) ensiled in polyethylene sacs and dry matter disappearance in rumen. *Ind. J. Anim. Health*, v.33, n.1, p.21 - 23, 1994.
- SAMPAIO, I, B, M. *Estatística aplicada à experimentação animal*. Belo Horizonte: Fundação de Estudo e Pesquisa em Medicina Veterinária e Zootecnia, 2002. 265p.
- SEIFFERT, N. F.; PRATES, E. R. Forrageiras para a ensilagem. II – Valor Nutritivo e Qualidade de Silagem de Cultivares de Milho (*Zea mays*, L.), Sorgos (*Sorghum* sp.) e Milhetos (*Pennisetum americanum*, Schum). *Rev. Soc. Bras. Zootec.*, v. 7, n.2, 1978.
- SILVA, J.F.C.; LEÃO, M.I. *Fundamentos de nutrição dos ruminantes*. Piracicaba: Livrocere, 1979. 380p

SILVEIRA, C. A. M. *Efeito de doses de nitrogênio e regimes de corte no rendimento de matéria seca de milho e sorgos forrageiros e no valor nutritivo da silagem de milho*. 1980. 121p. Dissertação (Mestrado em agronomia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

TOMICH, T. R. *Avaliação do potencial forrageiro das silagens de treze cultivares de girassol (*Helianthus annuus L.*)*. 1999. 131p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

UTLEY, P. R.; GATES, R. N.; HANNA, W. W. et al. "HGM – 100" Pearl millet silage for growing beef heifers. In: First National Grain Pearl Millet Symposium. *Proceedings...* p. 138 – 141. Tifton, Georgia, 1995.

VALADARES FILHO, S. C.; MAGALHÃES, K. A.; ROCHA Jr., V. R. et al. *Tabelas brasileiras de composição de alimentos para bovinos*. Viçosa: UFV-DZO, 2006. 329p.

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

CAPÍTULO IV

DEGRADABILIDADE *IN SITU* DOS COMPONENTES NUTRICIONAIS DAS SILAGENS DE TRÊS GENÓTIPOS DE MILHETO

4.1. RESUMO

Os objetivos deste estudo foram avaliar a degradabilidade *in situ* da matéria seca (MS), proteína bruta (PB), fibra detergente neutro (FDN) e fibra detergente ácido (FDA) das silagens de três genótipos de milheto (BRS-1501, NPM-1 e CMS-3), incubadas em ovinos nos tempos de 6, 12, 24, 48 e 96 horas. O delineamento utilizado foi o de blocos ao acaso em esquema de parcelas subdivididas e as médias comparadas pelo teste SNK a 5% de probabilidade. Os parâmetros de cinética da degradação foram calculados de acordo com o modelo proposto por Sampaio (1988). Após 96 horas de incubação as degradabilidades da matéria seca variaram de 59,9% para a silagem do genótipo CMS-3 a 63,2% para a silagem do BRS-1501. As degradabilidades efetivas para as taxas de passagem de 2,0%/h, 5,0%/h e 8,0%/h foram de 48,5%, 39,6% e 35,8% para a silagem do BRS-1501, 46,3%, 38,0% e 34,9% para a silagem do NPM-1 e 47,7%, 40,1% e 36,8% para a silagem do CMS-3. O maior potencial de degradação da PB foi encontrado para a silagem do genótipo BRS-1501 (83,9%). Quanto às taxas de degradação, a silagem do CMS-3, apresentou o maior valor de 2,62%/h. Os valores de degradabilidade efetiva da FDN encontrados para a silagem do BRS-1501 foram de 26,1, 13,6 e 8,4%; 25,2, 5,7 e 10,5% para a silagem do CMS-3 e 21,6, 9,9 e 5,7% para a silagem do NPM-1, para taxas de 2, 5 e 8%/hora respectivamente. A proteína bruta das silagens de milheto apresentou elevada solubilidade. Foram observadas baixas degradabilidades da fração fibrosa para todas as silagens estudadas, demonstrando a necessidade de maiores estudos relacionados ao momento de colheita da cultura para produção de silagem.

Palavras chave: degradabilidade, milheto, ruminantes, silagem, valor nutricional.

4.2. ABSTRACT

The objectives of this study were to evaluate *in situ* dry matter (DM), crude protein (CP), neutral detergent fiber (NDF) and acid detergent fiber (ADF) degradabilities of three pearl millet genotypes silages (BRS-1501, NPM-1 e CMS-3), incubated at 6, 12, 24, 48 and 96 hours in sheeps. It was applied a randomized blocks in split plot design, being means compared by SNK test ($p < 0.05$) and fermentation kinetics parameters calculated according to Sampaio (1988) model. After 96 houred incubation, DM degradabilities ranged from 59.9% to CMS-3 genotype silage to 63.2% to BRS-1501 silage. Values of effective degradability at 2.0%/h, 5.0%/h and 8.0%/h passage rates were: 48.5%, 39.6% and 35.8% to BRS-1501 silage, 46.3%, 38.0% and 34.9% to NPM-1 silage and 47.7%, 40.1% and 36.8% to CMS-3 silage. The highest CP degradability potential was observed to BRS-1501 (83.9%) genotype silage. When it comes to CP degradability rates, CMS-3 silage presented the highest value of 2.62%/h. The NDF effective degradabilities were: 26.1, 13.6 and 8.4% to BRS-1501 silage, 25.2, 5.7 and 10.5% to CMS-3 silage and 21.6, 9.9 e 5.7% to NPM-1 silage, at 2, 5 e 8%/hour passage rates, respectively. Pearl millet CP fraction showed high solubility. All pearl millet silages presented

low fibrous fractions degradabilities, showing the need of more studies relating the harvest time of this culture to its nutritional value.

Keywords: degradability, nutritional value, pearl millet, ruminant, silage.

4.3. INTRODUÇÃO

Qualquer consideração sobre a utilização de forragens pelos ruminantes deve ser feita no contexto das complexas interações que ocorrem entre os diversos componentes da planta e os microrganismos do retículo-rúmen. Neste aspecto, a qualidade de uma forragem pode, essencialmente, ser expressa em termos de três características próprias: a extensão da digestão potencial, a taxa de fermentação e a taxa de redução do tamanho de partícula. Estas três características estão todas envolvidas no controle do consumo voluntário e, pelo menos as duas primeiras podem ser estimadas usando-se a técnica *in situ* do saco de náilon. Por esta razão, esta técnica tem sido considerada, por muitos pesquisadores, como um método preciso, simples e rápido para determinar a qualidade de uma forragem (Thiago, 1994).

Nos estudos de digestibilidade, os resultados obtidos *in vivo* sempre foram mais realísticos que os métodos disponíveis em laboratório, onde se tenta reproduzir os processos naturais do rúmen, mas dependem de técnicas sofisticadas como o uso de marcadores, instalações adequadas e requerem mais tempo. O advento da técnica *in situ* utilizando-se sacos de náilon em animais fistulados no rúmen permitiu a avaliação rápida e simples da degradação do material contido nesses sacos em função de seu tempo de incubação ruminal, apresentando uma alta correlação com resultados obtidos em experimentos *in vivo* (Ørskov et al., 1980). Desta forma, o conhecimento da degradabilidade *in situ* dos componentes nutricionais de diferentes

cultivares de milho tem papel importante na avaliação desta forrageira na forma de silagem.

O objetivo deste experimento foi estudar a degradabilidade *in situ* e a cinética de degradação da matéria seca, proteína bruta, fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) das silagens de três genótipos de milho.

4.4. MATERIAL E MÉTODOS

4.4.1. Silagens avaliadas

As silagens dos três genótipos de milho (BRS-1501, NPM-1 e CMS-3) avaliadas neste experimento foram as mesmas utilizadas no experimento de consumo e digestibilidade aparente (Capítulo III), sendo provenientes de amostragens dos alimentos oferecidos aos animais ao longo do período experimental. Do material amostrado foi feito um pool por genótipo, que foi submetido à pré-secagem em estufa de ventilação forçada a 65° C por 72 horas e posteriormente moído em moinho dotado de peneira de 5 mm. Os materiais foram armazenados em frascos de polietileno e posteriormente incubados no rúmen.

4.4.2. Procedimento experimental e laboratorial

O experimento com os animais foi conduzido nas dependências do Departamento de Zootecnia da Escola de

Tabela 1. Composição química do feno e do concentrado utilizados na alimentação dos animais em percentagem da matéria seca

	Feno	Concentrado
MS	89,1	87
PB	7,05	20,0
FDN	69,4	-
FDA	40,3	-
Hemicelulose	29,1	
Celulose	36,8	
FB	-	18
Lignina	3,5	-
NDT	-	82

Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), em Belo Horizonte, sendo utilizados quatro ovinos, fistulados no rúmen, castrados, sem raça definida com peso aproximado de 35 kg e idade entre 20 e 28 meses.

Previamente ao início do experimento os animais foram casqueados e vermifugados e sem seguida alojados em gaiolas de metabolismo.

A dieta dos animais foi composta por feno de “Coast-cross” (*Cynodon spp*) e 300 gramas de concentrado (20% proteína bruta) por dia cujas composições estão demonstradas na Tabela 1. Os animais foram alimentados em duas refeições diárias (7:00 e 17:00 horas), sendo que o feno foi oferecido em quantidade suficiente para que se obtivesse aproximadamente 20% de sobras no cocho. A água e uma mistura mineral comercial foram administradas *ad libitum*.

Para incubação, foram utilizados sacos de náilon com porosidade de 50 micras e relação média de 17,5 mg de amostra por cm² de área superficial dos sacos. Inicialmente, os sacos de náilon foram secos a 65°C por 24 horas e seus pesos registrados. Posteriormente, foram preenchidos com 5 g das silagens estudadas e incubados no rúmen nos tempos de 6, 12,

24, 48, 72 e 96 horas, seguindo o protocolo de incubação demonstrado na Tabela 2. Cada animal recebeu 9 sacos de náilon (3 genótipos em triplicatas) por período de incubação.

Imediatamente após retirados do rúmen, os sacos foram imersos em água fria e posteriormente lavados, manualmente, em água corrente em temperatura ambiente até que essa se mostrasse límpida. Após a lavagem, os sacos foram colocados em bandejas e levados à secagem em estufa de ventilação forçada por 48 horas, sendo então, transferidos para um dessecador durante 30 minutos e pesados. Os resíduos de incubação foram moídos em moinho com peneira de 1 mm e utilizados para de terminação de MS (AOAC, 1995), PB, multiplicando-se o teor de nitrogênio obtido pelo método de combustão de Dumas em analisador Leco[®] FP-528 por 6,25 e FDN e FDA segundo Van Soest et al. (1991) em aparelho ANKOM²⁰⁰ Fiber Analyser. Os teores destas frações nas amostras das forrageiras e dos resíduos de incubação, juntamente com os pesos dos materiais incubados e dos resíduos, foram utilizados para os cálculos do desaparecimento das respectivas frações. As frações solúveis (tempo zero de incubação - t₀) foram determinadas por meio dos mesmos procedimentos, porém sem a incubação ruminal.

Tabela 2. Protocolo de incubação e retirada dos sacos de náilon do rúmen

ANIMAL	PROCED.	DIA 1	DIA 2	DIA 3	DIA 4	DIA 5	DIA 6	DIA 7
1	Incubação	6H	12H	24H	48H			72H
	Retirada	6H	12H		24H		48H	
2	Incubação	12H	24H	48H		6H		72H
	Retirada	12H		24H		48H / 6H		
3	Incubação	24H	48H		6H	12H		96H
	Retirada		24H		48H / 6H	12H		
4	Incubação	48H		6H	12H	24H		96H
	Retirada			48H / 6H	12H		24H	
ANIMAL	PROCED.	DIA 8	DIA 9	DIA 10	DIA 11	DIA 12	DIA 13	DIA 14
1	Incubação			96H				
	Retirada			72H				96H
2	Incubação			96H				
	Retirada			72H				96H
3	Incubação				72H			
	Retirada				96H			72H
4	Incubação				72H			
	Retirada				96H			72H

4.4.3. Procedimento estatístico

Foi utilizado um delineamento experimental de blocos ao acaso em esquema de parcelas sub-divididas, sendo os animais os blocos, as silagens as parcelas e os tempos de incubação as sub-parcelas, conforme a tabela de variância demonstrada abaixo.

Fontes de variação	Graus de liberdade
Genótipos (parcelas)	2
Animais (blocos)	3
Erro (A)	6
Total de parcelas	11
Horário (sub-parcelas)	5
Genótipos x horário	10
Erro (B)	45
Total de sub-parcelas	71

As médias foram comparadas empregando-se o teste Student-Newman-Keuls (SNK), a 5% de probabilidade. Para estimar as curvas de degradação foi utilizado o seguinte modelo proposto por Sampaio (1988):

$$p = A - B e^{-ct}$$

Em que,

p = porcentagem de degradação após um tempo (t) de incubação no rúmen;

A = porcentagem máxima de degradação do material contido no saco de náilon, ou degradabilidade potencial

B = parâmetro sem valor biológico. Se não houvesse tempo de colonização, ele corresponderia ao total a ser degradado pela ação microbiana

c = taxa constante de degradação da fração que permanece no saco de náilon, expressa em porcentagem por hora

t = tempo de incubação no rúmen, em horas

A análise dos dados e as equações de regressão para os desaparecimentos dos componentes nutricionais foram feitos utilizando-se o programa Sistema para Análises Estatísticas e Genéticas (SAEG 8.0). O tempo de colonização foi estimado conforme McDonald (1981), de acordo com a seguinte equação:

$$TC = \frac{-1}{c} * \ln \frac{(A-S)}{B}$$

Em que,

TC = tempo de colonização, em horas
A, B e c = mesmos parâmetros definidos na equação anterior

S = fração solúvel determinada pela porcentagem de desaparecimento no tempo zero de incubação (fração rapidamente degradada)

As degradabilidades efetivas foram calculadas utilizando-se os valores sugeridos pelo Agricultural Research Council (1984), de 2,0, 5,0 e 8,0%/h para baixo, médio e alto consumos, respectivamente, segundo o seguinte modelo proposto por Ørskov e McDonald (1979):

$$DE = S + [(B1 * c)/(c + K)]$$

Em que,

DE = degradabilidade efetiva, em porcentagem

S = fração rapidamente degradada

B1 = fração degradável calculada subtraindo-se a fração solúvel do potencial de degradação (B1 = A - S) (fração lentamente degradada)

c = mesmo parâmetro descrito anteriormente

K = taxa fracional de passagem, expressa em porcentagem por hora

4.5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A composição bromatológica das silagens está descrita na Tabela 1. do capítulo III.

4.5.1. Parâmetros ruminais

Na Tabela 3 são encontrados os valores de pH e nitrogênio amoniacal em mg% do líquido ruminal dos animais experimentais.

Tabela 3. Concentrações médias de pH e nitrogênio amoniacal (N-NH₃ em mg %) no líquido ruminal colhido em diferentes períodos após o fornecimento da refeição

Tempo	pH	NH ₃ (mg %)
30 min. ¹	6,43	6,83
1 hora	6,62	15,56
2 horas	6,57	14,80
3 horas	6,50	12,16
5 horas	6,42	8,81
7 horas	6,35	6,04
9 horas	6,40	5,95
Média	6,47	10,02

¹Minutos

O valor médio de pH foi de 6,47, variando de 6,35 após 7 horas a 6,62 após 1 hora do fornecimento da dieta. Estes valores encontram-se numa faixa que permite um bom desenvolvimento microbiano. Segundo Hobson e Steward (1997) valores de pH ente seis e sete permitem a presença de todos os componentes da biomassa microbiana no rúmen (bactérias, principalmente as celulolíticas, protozoários e fungos) e uma ótima ação das enzimas microbianas (Lindberg, 1985).

Os teores médios de nitrogênio amoniacal oscilaram de 5,95 mg% após 9 horas de fornecimento da dieta até 15,56 mg% 1 hora após a refeição. O valor médio encontrado foi de 10,02 mg%, valor este que possibilita uma adequada fermentação microbiana no rúmen. Segundo Van Soest (1994) a concentração mínima para garantir um processo fermentativo ruminal adequado situa-se por volta de 10 mg%, já Satter e Slyter (1974) concluíram que 5 mg amônia por 100 mL de fluido ruminal são suficientes para o máximo crescimento microbiano

Tomando-se em consideração os valores de pH e nitrogênio amoniacal pode-se dizer que o ambiente ruminal não foi limitante para avaliação *in situ* das silagens.

4.5.2. Degradabilidade da matéria seca

Conforme pode ser observado na Tabela 4 as silagens avaliadas não diferiram ($p>0,05$) quanto aos teores de degradabilidade da MS até o período 24 horas de incubação, sendo os valores obtidos neste período iguais a 45,71% para o BRS-1501, 46,23% para o CMS-3 e 43,27% para o NPM-1. Após 48 horas, a silagem do genótipo BRS-1501 (53,68%) apresentou degradabilidade superior ($p<0,05$) à silagem do NPM-1 (43,72%) que foi semelhante estatisticamente ao CMS-3 (51,63%) e este por sua vez semelhante ao BRS-1501 ($p>0,05$). Nos períodos de 72 e 96 horas ocorreu uma mudança no comportamento da resposta, a silagem do genótipo CMS-3 passou a ser estatisticamente diferente à do BRS-1501, porém semelhante ($p>0,05$) à silagem do NPM-1, que não apresentou diferença em relação à do BRS-1501. Esta inversão pode ter sido causada em função das diferenças na estrutura da parede celular das silagens dos genótipos avaliados, principalmente na celulose. Isto porque, com o avanço do processo de degradação os carboidratos degradáveis diminuem e a sua relação com a celulose também, deixando-a menos cristalina (degradável).

Avaliando o comportamento das silagens dos genótipos nos diferentes tempos de

incubação, percebe-se que para o CMS-3 ocorreu estabilização da degradação às 72 horas. O mesmo não foi observado para os demais genótipos, cujos valores apresentados nos períodos de 72 h e 96 h de incubação apresentaram diferenças estatísticas e foram, respectivamente de 58,30 e 59,92% para o CMS-3 e 60,08 e 61,18% para o BRS-1501. No entanto, as diferenças entre estes horários para estes genótipos foi bem menos acentuada do que as observadas para os mesmos em horários anteriores subseqüentes, sugerindo que a degradação máxima deve ocorrer por volta das 96 horas. Já Amaral (2003) avaliando as silagens de três genótipos de milho confeccionadas em duas idades de corte (70 e 90 dias) observou que em todos os materiais houve tendência de maiores valores de desaparecimento da matéria seca próximos às 48 horas de incubação, embora, ao longo do tempo, ainda estivesse ocorrendo degradação do material. Carneiro et al. (2002) encontrou valores de 50,7, 65,5, 77,0 e 84,3% para silagem de milho, 35,3, 42,8, 63,0, 75,4, 84,6% para silagem de sorgo e 30,3, 43,9, 62,3, 65,8, 66,4% para silagem de girassol, nos tempos de 6, 24, 48 e 96 horas de incubação, respectivamente.

Os parâmetros de degradação ruminal encontram-se na Tabela 5.

Tabela 4. Desaparecimento médio (%) da MS das silagens de três genótipos de milho de em função dos tempos de incubação

Horários	Genótipos		
	BRS-1501	NPM-1	CMS-3
06	32,3 ^{At}	34,1 ^{At}	34,1 ^{Ac}
12	38,7 ^{Ae}	38,8 ^{Ae}	39,6 ^{Ad}
24	45,7 ^{Ad}	43,7 ^{Ad}	46,2 ^{Ac}
48	53,7 ^{Ac}	50,6 ^{Bc}	51,6 ^{ABb}
72	60,1 ^{Ab}	57,6 ^{ABb}	58,3 ^{Ba}
96	63,2 ^{Aa}	60,8 ^{ABa}	59,9 ^{Ba}

Médias seguidas por letras maiúsculas iguais na mesma linha (genótipos) e minúsculas na mesma coluna

Tabela 5. Potenciais de degradação (A), taxas de degradação (c), frações solúveis (S), frações degradáveis (B1), tempos de colonização (TC) e degradabilidades efetivas (DE), nas taxas de passagem 2,0%/h, 5,0%/h e 8,0%/h, da matéria seca das silagens de três genótipos de milho

Parâmetros	Genótipos		
	BRS-1501	NPM-1	CMS-3
A (%)	66,4	69,2	62,5
c (%/h)	2,50	1,58	2,62
S (%)	26,2	28,2	28,5
B1 (%)	40,1	41,1	34,0
TC (h:min)	-1:30	-5:12	-1:54
DE 2,0%/h (%)	48,5	46,3	47,7
DE 5,0%/h (%)	39,6	38,0	40,1
DE 8,0%/h (%)	35,8	34,9	36,8
R ²	0,98	0,96	0,96

O potencial máximo de degradação da matéria seca mais elevado foi obtido para a silagem do genótipo CMS-3, de 69,2%, sendo seguido pelas silagens dos genótipos NPM-1 (66,4%) e BRS-1501 (62,5%). No entanto, com relação às taxas de degradação, maiores valores foram observados para os genótipos CMS-3 (2,62%/h) e BRS-1501 (2,50%/h) que apresentaram valores próximos. A silagem do genótipo NPM-1 apresentou uma baixa taxa de degradação (1,58%/h), indicando que este material necessita de mais tempo dentro do rúmen para que o seu potencial máximo de degradação seja atingido. Quanto às concentrações das frações solúveis as silagens avaliadas apresentaram valores próximos, variando de 26,2% para o BRS-1501 a 28,5% para o CMS-3. Para as frações degradáveis, as silagem do BRS-1501 (40,1%) e NPM-1 (41,1%) apresentaram valores próximos e maiores que a silagem do CMS-3 (34,0%). Os tempos de colonização encontrados para todos os materiais foram negativos. De acordo com Tomich (2003) apesar de não existir uma explicação para estes valores, eles são amplamente relatados na literatura. Segundo Borges (1997) as forragens mais digestíveis apresentam valores altos de A, mas necessitam também de altos valores de "c", para que alcancem o potencial máximo de degradação em menor tempo. Para

Sampaio (1988) os parâmetros A e c são os principais na qualificação de uma forragem. Um elevado valor de A indica um material muito degradável, enquanto que um maior valor de "c" implica em menor tempo para o desaparecimento da fração imediatamente degradável, sendo que forragens de boa qualidade devem apresentar taxas de degradação superiores a 2%/h. Amaral (2003) avaliando a degradabilidade ruminal da matéria seca das silagens de três genótipos de milho (BRS-1501, BN-1 e Comum) em duas idades de corte (70 e 90 dias), observou maiores valores médios para taxa de degradação (3,3 a 3,6%/hora), menores para fração solúvel (10,88 a 15,53%) e valores similares para fração degradável (39,32 a 41,42%) aos obtidos no presente experimento.

As degradabilidades efetivas para as taxas de passagem de 2,0%/h, 5,0%/h e 8,0%/h foram de 48,5%, 39,6% e 35,8% para o BRS-1501, 46,3%, 38,0% e 34,9% para o NPM-1 e 47,7%, 40,1% e 36,8% para o CMS-3. Os valores obtidos a uma taxa de 5%/h foram superiores aos obtidos por Amaral (2003) para silagens de milho confeccionadas aos 70 (29,85%) e 90 (26,26%) dias de idade da cultura. Já Carneiro et al. (2002) encontraram degradabilidades efetivas de 62,3% para silagem de milho (BRS3060), 57,5% para

silagem sorgo e 55,1% para silagem de girassol para uma taxa de passagem a 5%. Para esta mesma taxa de passagem, valores mais elevados foram obtidos por Pereira (2003) estudando silagens de girassol ensiladas aos 100 (76,48%), 107 (73,59%), 114 (70,48%) e 121 (68,16%) dias.

A degradabilidade da matéria seca das silagens de milheto obtidas para uma taxa de 2%/hora foram similares às encontradas no experimento de consumo e digestibilidade aparente (Capítulo III), cujas digestibilidades aparentes da matéria seca das silagens dos genótipos BRS-1501, NPM-1 e CMS-3 não diferiram estatisticamente e foram, respectivamente, 47,55%, 45,83% e 49,87%. Estes resultados sugerem que o estudo *in situ* representou bem o que ocorreu no estudo *in vivo*, no entanto, são necessários estudos matemáticos, como equações de regressão e avaliações estatísticas de coeficientes de correlação e determinação entre os parâmetros avaliados pelos dois métodos para que isso possa ser afirmado.

4.5.3. Degradabilidade da proteína bruta

Os valores de desaparecimento médio da proteína bruta das silagens avaliadas podem ser visualizados na Tabela 6.

Nos períodos de 6 e 12 horas a silagem do genótipo CMS-3 foi a que apresentou

maiores valores de degradabilidade da PB (69,9 e 72,8%), diferindo estatisticamente das demais. A silagem do genótipo BRS-1501, por sua vez, apresentou valores superiores (68,8 e 71,0%) ($p < 0,05$) à do NPM-1 (66,1 e 68,8%) nestes mesmos períodos. Às 24 e 48 horas o CMS-3 e BRS-1501 tornam-se semelhantes estatisticamente, sendo o NPM-1 menor do que ambos ($p < 0,05$) e nos períodos finais de fermentação (72 e 96 horas) volta a ser observado o mesmo padrão de resposta dos períodos iniciais, onde o BRS-1501 é superior aos demais, sendo seguido pelo CMS-3 e BRS-1501. Os valores de degradabilidade da proteína bruta obtidos para os genótipos BRS-1501, CMS-3 e NPM-1 após 96 horas de fermentação foram, respectivamente, 79,7%, 78,6% e 75,1%. O máximo de degradação da proteína foi atingido às 72 horas para os genótipos NPM-1 e CMS-3, o que não foi verificado para o BRS-1501. Os valores de desaparecimento médio da PB às 96 horas do presente experimento foram próximos aos obtidos por Campos (2001) estudando silagens de cinco genótipos de sorgo, cujo valor médio encontrado foi de 79,42%.

Os parâmetros de cinética da degradação da PB são demonstrados na Tabela 7. O maior potencial de degradação da PB foi encontrado para a silagem do genótipo BRS-1501 (83,9%), sendo seguida pelo CMS-3 (79,6%) e NPM-1 (78,0%) o mesmo não foi verificado para as taxas de degradação, onde o CMS-3 se destacou

Tabela 6. Desaparecimento médio (%) da proteína bruta das silagens de três genótipos de milheto em função dos tempos de incubação

Horários	Genótipos		
	BRS-1501	NPM-1	CMS-3
06	68,2 ^{Bf}	66,1 ^{Cd}	69,9 ^{Ad}
12	71,0 ^{Bc}	68,8 ^{Cc}	72,8 ^{Ac}
24	71,0 ^{Ad}	69,8 ^{Bbc}	73,5 ^{Abc}
48	74,8 ^{Ac}	71,0 ^{Bb}	74,7 ^{Ab}
72	78,5 ^{Ab}	74,5 ^{Ca}	77,8 ^{Ba}
96	79,7 ^{Aa}	75,1 ^{Ca}	78,6 ^{Ba}

Médias seguidas por letras maiúsculas iguais na mesma linha (genótipos) e minúsculas na mesma coluna (horários) não diferem estatisticamente entre si pelo teste SNK ($p > 0,05$). CV= 1,26%

Tabela 7. Potenciais de degradação (A), taxas de degradação (c), frações solúveis (S), frações degradáveis (B1), tempos de colonização (TC) e degradabilidades efetivas (DE), nas taxas de passagem 2,0%/h, 5,0%/h e 8,0%/h, da proteína bruta das silagens de três genótipos de milho

Parâmetros	Genótipos		
	BRS-1501	NPM-1	CMS-3
A (%)	83,9	78,0	79,6
c (%/h)	1,42	1,52	2,08
S (%)	68,8	68,0	74,4
B1 (%)	15,1	10,0	5,2
TC (h)	5:18	13:12	32:30
DE 2,0%/h (%)	75,1	72,3	77,1
DE 5,0%/h (%)	72,2	70,3	75,9
DE 8,0%/h (%)	71,1	69,6	75,5
R ²	0,94	0,84	0,85

entre os demais, apresentando valor de 2,08%/h. Para este mesmo parâmetro, os genótipos BRS-1501 e NPM-1 foram semelhantes, apresentando a valores de 1,42 e 1,52%/h, respectivamente. Pereira (2003) encontrou para silagens de girassol colhidas em quatro diferentes épocas de corte (100, 107, 114 e 121 dias) valores de A variando entre 87,0 a 89,3% e c de 6 %/h, já Tomich (2003) estudando a degradabilidade da proteína bruta para o sorgo, capim Sudão e capim elefante Napier obteve potenciais de degradação da PB variando entre 87,4 a 96,5% e taxas de degradação da proteína entre 1,46 a 5,55%. Gimenes et al. (2006) verificaram potenciais de degradação da PB variando de 74,15 a 78,81% e taxas de degradação desta fração entre 1,73 a 3,01%, estudando silagens de milho confeccionadas com inoculantes bacteriano e/ou enzimático.

As frações solúveis da PB variaram de 68,0 a 74,4% para os genótipos NPM-1 e CMS-3, respectivamente. Com relação às frações degradáveis, o BRS-1501 foi o que se destacou, com valor de 15,1% quando comparado com o NPM-1 (10,0%) e CMS-3 (5,2%). Os valores de B1 e S encontrados no presente experimento foram inversos, quando comparados com os experimentos de Pereira (2003) e Tomich (2003), cujos valores da fração degradável foram sempre menor do que a fração solúvel. Isto demonstra que parte da proteína bruta das

silagens de milho é disponibilizada rapidamente para os animais, sendo esta uma informação importante para os nutricionistas quando da formulação de dietas ou misturas múltiplas para animais cuja base volumosa é composta por esta silagem. Consequentemente, visando um sincronismo entre a degradação dos nutrientes, deve-se procurar fontes de energia de rápida degradabilidade ruminal para serem fornecidas juntamente com estas silagens. De acordo com o NRC (2001) a sincronização nas disponibilidades de nitrogênio e energia, favorece a utilização dos compostos nitrogenados da dieta e o maior suprimento de proteína microbiana pós-rúmen.

O menor tempo de colonização foi observado para o BRS-1501 de 5:18 horas, sendo seguido pelo NPM-1 e CMS-3 que apresentaram, respectivamente, 13:12 e 32:30 horas. Já para as degradabilidades efetivas os valores encontrados para taxas de passagem de 2, 5 e 8%/h foram de 75,1%, 72,2% e 71,1% para o BRS-1501, 72,3%, 70,3% e 69,3% para o NPM-1 e 77,1%, 75,9% e 75,5% para o CMS-3. Quanto ao valor protéico, a silagem do genótipo CMS-3 foi superior às demais, pois apresentou maiores DE e estas foram menos influenciadas pelo aumento da taxa de passagem, provavelmente, em função das maiores concentrações de fração solúvel e taxa de degradação deste material.

Os valores de DE obtidos no presente experimento foram inferiores aos encontrados por Pereira (2003) avaliando silagens de girassol e superiores aos determinados por Tomich (2003) para as plantas de sorgo, capim Sudão, cana-de-açúcar e capim elefante Napier e aos valores encontrados por Posseti et al. (2005) avaliando silagens de milho e girassol, considerando as mesmas taxas de passagem (2, 5, 8%/h). As degradabilidades efetivas da proteína bruta das silagens avaliadas no presente experimento a uma taxa de 2%/hora foram inferiores às encontradas no Capítulo III, onde a digestibilidade aparente da silagem do BRS-1501 foi de 57,58%, a do NPM-1 de 53,64% e a do CMS-3 de 62,54. Este fato era esperado, em função da contaminação da proteína eliminada nas fezes com a proteína endógena, que não faz parte do alimento analisado, consequentemente, reduzindo a digestibilidade desta fração. Em ambos os experimentos, a silagem do genótipo CMS-3 apresentou melhores digestibilidades quando comparado às demais.

4.5.4. Degradabilidade das frações fibrosas

4.5.4.1. Fibra em detergente neutro (FDN)

Os valores de desaparecimento médio da FDN das silagens dos genótipos de milho são verificados na Tabela 8.

Durante os períodos de 6 e 12 horas de incubação as silagens dos genótipos de milho não diferiram entre si ($p>0,05$), no entanto, a partir de 24 horas diferenças estatísticas foram verificadas. Neste período, a silagem do NPM-1 foi a que apresentou a menor degradabilidade da fração fibrosa (16,53%), diferindo estatisticamente do BRS-1501 (20,98%) e CMS-3 (22,04%), que foram semelhantes entre si ($p>0,05$). Às 48h o valor de desaparecimento da FDN da silagem do genótipo CMS-3 igualou-se estatisticamente à do NPM-1 e BRS-1501, sendo os últimos diferentes entre si ($p<0,05$). A partir das 72 horas o BRS-1501 se firmou como a silagem de maior degradabilidade da fração FDN, apresentando maiores valores ($p<0,05$) quando comparado à do NPM-1 e CMS-3, que foram estatisticamente semelhantes. Os valores de desaparecimento da FDN encontrado em silagens de milho, sorgo e girassol no período de 96 horas foram, respectivamente, 81,5%, 73,2% e 40,7% (Carneiro et al., 2002). Os menores valores de degradabilidade desta fração encontrados para as silagens de milho podem ser justificados pelos teores elevados de FDN nas silagens (Tabela 1 – Capítulo III),

Tabela 8. Desaparecimento médio (%) da fibra em detergente neutro das silagens de três genótipos de milho em função dos tempos de incubação

Horários	Genótipos		
	BRS-1501	NPM-1	CMS-3
06	3,3 ^{At}	4,03 ^{At}	6,1 ^{Ac}
12	11,6 ^{Ac}	8,9 ^{Ac}	12,1 ^{Ad}
24	20,9 ^{Ad}	16,5 ^{Bd}	22,0 ^{Ac}
48	33,3 ^{Ac}	27,0 ^{Bc}	30,1 ^{ABb}
72	41,9 ^{Ab}	36,5 ^{Bb}	38,9 ^{Ba}
96	46,6 ^{Aa}	42,1 ^{Ba}	42,0 ^{Ba}

Médias seguidas por letras maiúsculas iguais na mesma linha (genótipos) e minúsculas na mesma coluna (horários) não diferem estatisticamente entre si pelo teste SNK ($p>0,05$). CV= 9,93%

decorrentes da idade avançada em que a planta foi colhida. Para um maior entendimento dos constituintes da fração fibrosa do milho e as suas respectivas influências sobre a degradabilidade desta forrageira, estudos como os de microscopia eletrônica empregados na avaliação de silagens de milho confeccionadas com a planta colhida em diferentes idades são de grande relevância. Estes estudos contribuirão para a determinação do valor nutritivo da forrageira, bem como no norteamo dos programas de melhoramento genético da cultura para produção de silagem.

No que se refere às comparações para um mesmo genótipo nos diferentes tempos de incubação, pôde-se observar que somente para o CMS-3 a degradabilidade da fração fibrosa estabilizou, dentro dos tempos estudados, ocorrendo a partir das 72 horas.

Os potenciais de degradação, as taxas de degradação, frações degradáveis, os tempos de colonização e as degradabilidades efetivas da FDN são apresentados na Tabela 9.

Os potenciais de degradação variaram de 57,6 % para a silagem do genótipo NPM-1 a 46,6% para a silagem do CMS-3. Quanto

às taxas de degradação, as silagens dos genótipos BRS-1501 (2,32%/h) e CMS-3 (2,39%/h) foram similares e maiores do que a encontrada para a silagem do NPM-1 (1,38). A menor taxa de degradação da silagem deste material pode ser atribuída a características físicas e estruturais da sua parede celular, capazes de dificultar o acesso microbiano a essa fração (Van Soest, 1994). Já com relação às frações degradáveis da FDN a silagem do genótipo NPM-1 apresentou valor superior de 60,7 %, sendo seguida pela silagem do BRS-1501 de 56,7% e pela silagem do CMS-3 de 46,8%. As frações solúveis das silagens dos três genótipos apresentaram valores negativos, não havendo uma explicação para este acontecimento. As degradabilidades efetivas para as silagens de milho nas taxas de passagem de 2, 5 e 8%/h foram baixas quando comparadas às silagens de outras culturas. Os valores de DE encontrados para a silagem do BRS-1501 foram de 26,1, 13,6 e 8,4%; 25,2, 5,7 e 10,5% para o CMS-3 e 21,6, 9,9 e 5,7% para o NPM-1, respectivamente, para as taxas de 2, 5 e 8%/hora. Lara (1999) encontrou valores de DE variando de 45,8 a 54,14% para uma taxa de 2%/h, 37,57 a 46,36% para uma taxa de 5%/h e de 34,55 a 43,06%/h para uma taxa de 8%/h em silagens de sorgo. Os baixos valores para

Tabela 9. Potenciais de degradação (A), taxas de degradação (c), frações solúveis (S), frações degradáveis (B1), tempos de colonização (TC) e degradabilidades efetivas (DE), nas taxas de passagem 2,0%/h, 5,0%/h e 8,0%/h, da fibra em detergente neutro das silagens de três genótipos de milho

Parâmetros	Genótipos		
	BRS-1501	NPM-1	CMS-3
A (%)	52,3	57,6	46,6
c (%/h)	2,32	1,38	2,39
S (%)	-4,3	-3,2	-0,2
B1 (%)	56,7	60,7	46,8
TC (h)	-1:06	-3:42	-0:36
DE 2,0%/h (%)	26,1	21,6	25,2
DE 5,0%/h (%)	13,6	9,9	5,7
DE 8,0%/h (%)	8,4	5,7	10,5
R ²	0,98	0,96	0,96

DE da FDN encontrados para todas as silagens avaliadas sugerem que a planta deve ser ensilada mais nova.

4.5.4.2. Fibra em detergente ácido (FDA)

Na Tabela 10 são descritos os valores de degradabilidade da fibra em detergente ácido. Até o período de 48 horas de incubação, a silagem do genótipo NPM-1 apresentou valores estatisticamente maiores que as silagens dos demais genótipos. Do horário de 72 até as 96 horas a silagem do genótipo CMS-3 passa a apresentar maiores valores de desaparecimento da fração FDA ($p < 0,05$), sendo que no último período de incubação os valores apresentados pelas silagens foram de 52,7, 35,5 e 29,4% para os genótipos CMS-3, BRS-1501 e NPM-1, respectivamente. Com o avançar dos tempos de incubação houve uma aumento da degradabilidade da FDA para as silagens dos genótipos BRS-1501 e CMS-3, sem tendência de estabilização. Até o tempo de 48 horas, a silagem do genótipo NPM-1 apresentou comportamento semelhante, no entanto, nos horários de 72 e 96 horas a degradabilidade da FDA encontrada no horário de 96 horas foi inferior às obtidas nos períodos de 72 e 48 horas. Tal fato pode ser justificado pelas características da ultraestrutura da parede celular desta silagem, principalmente da fração celulose, cuja cristalinidade está relacionada com a

composição e quantidade dos açúcares que a constituem. Desta forma, a degradabilidade da celulose é alterada ao longo do processo fermentativo na medida em que os açúcares que a constituem são degradados (Hotchkiss Jr, 1989; Gallagher et al., 1989).

Os parâmetros de cinética de degradação da fibra em detergente ácido são demonstrados na Tabela 11.

Os valores de potencial de degradação foram de 36,8% para a silagem do genótipo NPM-1, 51,4% para a silagem do BRS-1501 e 36,8% para a silagem do NPM-1. A maior taxa foi verificada para a silagem do NPM-1, de 3,89%/h, sendo seguida pela silagem do CMS-3 (1,77%/h) que foi semelhante à silagem do BRS-1501 (1,41%/h). As frações solúveis obtidas para as silagens NPM-1 e CMS-3 foram elevadas, podendo ser atribuídas a erros inerentes à técnica *in situ*, como passagem de partículas pelos poros do saco de náilon, ou características da própria planta de se quebrar em partículas muito finas, em função da forma com que sua matriz fibrosa se organiza (Gallagher et al., 1989; Hotchkiss Jr, 1989), ocasionando a ocorrência de valores como estes, que não são esperados para esta fração. Isto também pode justificar as menores degradabilidades *in situ* das frações FDN e FDA para a taxa de 2%/hora quando comparadas às obtidas

Tabela 10. Desaparecimento médio (%) da fibra em detergente ácido das silagens de três genótipos de milho em função dos tempos de incubação

Horários	Genótipos		
	BRS-1501	NPM-1	CMS-3
06	-3,7 ^{Bf}	6,7 ^{Ac}	-29,1 ^{Cf}
12	-1,6 ^{Bc}	10,6 ^{Ad}	-21,5 ^{Ce}
24	8,4 ^{Bd}	17,3 ^{Ac}	-8,1 ^{Cd}
48	20,3 ^{Cc}	32,9 ^{Ab}	28,6 ^{Bc}
72	29,6 ^{Cb}	41,2 ^{Ba}	45,2 ^{Ab}
96	35,5 ^{Ba}	29,4 ^{Cb}	52,7 ^{Aa}

Médias seguidas por letras maiúsculas iguais na mesma linha (genótipos) e minúsculas na mesma coluna (horários) não diferem estatisticamente entre si pelo teste SNK ($p > 0,05$). CV= 16,56%

Tabela 11. Potenciais de degradação (A), taxas de degradação (c), frações solúveis (S), frações degradáveis (B1), tempos de colonização (TC) e degradabilidades efetivas (DE), nas taxas de passagem 2,0%/h, 5,0%/h e 8,0%/h, da fibra em detergente ácido das silagens de três genótipos de milho

Parâmetros	Genótipos		
	BRS-1501	NPM-1	CMS-3
A (%)	51,4	36,8	76,5
c (%/h)	1,41	3,89	1,77
S (%)	-9,1	11,8	27,3
B1 (%)	60,5	25,0	49,2
TC (h)	0:36	12:12	50:24
DE 2,0%/h (%)	15,9	28,3	50,4
DE 5,0%/h (%)	4,2	22,7	40,1
DE 8,0%/h (%)	-0,03	19,9	36,2
R ²	0,96	0,84	0,98

no experimento de consumo e digestibilidade (Capítulo III) para as silagens dos três genótipos de milho. Conforme mencionado anteriormente, há a necessidade de estudos complementares como a utilização da microscopia eletrônica, para um melhor entendimento dos constituintes da fração fibrosa do milho. A maior fração degradável foi encontrada para a silagem do BRS-1501 cujo valor de 60,5%, contra 49,2% para a silagem do CMS-3 e 25,0% para a silagem do NPM-1.

As degradabilidades efetivas da fração FDA, obtidas para as taxas de passagem de 2, 5 e 8%/h foram de 15,9, 4,2, -0,03% para a silagem do BRS-1501, 28,3, 22,7 e 19,9% para a silagem do NPM-1 e 50,4, 40,1 e 36,2% para a silagem do CMS-3, a valores estes inferiores aos obtidos no estudo de Lara (1999) para silagens de sorgo.

4.6. CONCLUSÕES

A proteína bruta das silagens de milho apresenta elevada solubilidade. Dentre as silagens estudadas, a silagem do genótipo

CMS-3 apresentou melhores degradabilidades da fração protéica.

A silagem do genótipo NPM-1 foi inferior às demais quanto à degradabilidade da matéria seca.

Foram observadas baixas degradabilidades da fração fibrosa para todas as silagens estudadas, demonstrando a necessidade de maiores estudos relacionados ao momento de colheita da cultura para produção de silagem.

4.7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGRICULTURAL RESEARCH COUNCIL - ARC. *The nutrient requirements of ruminant livestock*. spp. 1. Slough: Commonwealth Agricultural Bureaux. 1984. 45p.

AMARAL, P. N. C. *Silagem e rolão de milho em diferentes idades de corte*. 2003. 78p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC. *Official methods of analysis*. 16.ed. Washington: AOAC, 1995. 2000p.

BORGES, I. *Influência da dieta na degradabilidade in situ do caroço de algodão integral, e do bagaço de cana-de-açúcar auto-hidrolisado, na dinâmica da fermentação ruminal e na cinética sangüínea de ovinos*. Belo Horizonte: UFMG - Escola de Veterinária, 1997. 130p. Tese (Doutorado em Ciência Animal)

CARNEIRO, J.C.C.; OLIVEIRA E SILVA, J.O.; VIANA, A.C. et al. Avaliação da degradabilidade “in situ” da matéria seca e da fibra em detergente neutro de silagens de milho (“Zea mays”), sorgo (“Sorghum bicolor”) e girassol (“Helianthus annuus”) In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39, 2002, Recife. *Anais...* Recife: SBZ, 2002. CD-ROM

CAMPOS, W.E. *Degradabilidade in situ de componentes nutricionais das silagens de quarto genótipos de sorgo com (CMS-XS 210 e BR 701) e sem tanino (CMS-XS 214 e BR 007)*. Belo Horizonte: UFMG - Escola de Veterinária, 2001. 85p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia).

GALLAGHER, I.M., FRASER, M.A., EVANS, C.S. et al. Ultrastructural localization of lignocellulose – Degrading enzymes. In: Lewis, N.G., Paice, M.G. (Ed.). *Plant cell wall polymers – Biogenesis and biodegradation*. 1.ed. Washington: American Chemical Society, 1989. p.426-453.

GIMENES, A.L.G., MIZUBUTI, I.Y. MOREIRA, F.B. et al. Degradabilidade in situ de silagens de milho confeccionadas com inoculantes bacteriano e/ou enzimático. *Acta Sci. Anim. Sci.*, v.28, n.1, p.11-16, 2006.

HOBSON, P.N., STEWART, C.S. *The rumen microbial ecosystem*. 1ed. London: Blackie Academic and Professional. 1997. 340p.

HOTCHKISS JR, A.T. Cellulose biosynthesis – The terminal complex hypothesis and its relationship to other contemporary research topics. In: Lewis, N.G., Paice, M.G. (Ed.). *Plant cell wall polymers – Biogenesis and biodegradation*. 1.ed. Washington: American Chemical Society, 1989. p.233-256.

LARA, A.C. *Degradabilidade in situ dos componentes nutricionais das silagens do sorgo BR 601 colhido em três estádios de maturação*. Belo Horizonte: Escola de Veterinária da UFMG, 1999. 67p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia).

LINDBERG, J.E. Estimation of rumen degradability of feed proteins with the in sacco technique and various in vitro methods: a review. *Acta Agric. Scandinavica*. suppl. 25, p.65-97, 1985.

McDONALD, J. A revised model for the estimation of protein degradability in the rumen. *J. Agric. Sci. (Cambridge)*. v.96, n.1, p.251-252, 1981.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. *Nutrient requirements of dairy cattle*. 7.ed. Washington: National Academy Press, 2001. 362p.

ØRSKOV, E.R., HOVELL, F.D.B. AND MOULD, F. The use of the náilon bag technique for evaluation of feedstuffs. *Trop. Anim. Prod.*, v.5,p.195-213, 1980.

ØRSKOV, E.R., McDONALD, J. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements of feed in weighted according to rate of passage. *J. Agric. Sci. (Cambridge)*. v.92, n.2, p.499-503, 1979.

PEREIRA, L.G.R. *Potencial forrageiro da cultura do girassol (Helianthus annuus L.) para a produção de silagem*. Belo Horizonte: Escola de Veterinária da UFMG, 2003. 134p. Dissertação (Doutorado em Ciência Animal).

POSSETI, R.A., FERRARI JR, E., BUENO, M.S. et al. Parâmetros biológicos e fermentativos das silagens de milho e girasol. *Ciência Rural*, v.35, n.5, p.1185-1189, 2005.

SAMPAIO, I.B.M. *Experimental designs and modelling techniques in the study of roughage degradation in rumen and growth of ruminants*. Reading: Univesity of Reading, 1988. 214p. Tese (Doutorado em Fisiologia).

SATTER, L.D., SLYTER, L.L. Effect of ammonia concentration on rumen microbial protein production in vitro. *British J. Nut.* v.32, n.7, p.199-205, 1974.

THIAGO, L.R.L.S. Utilização da Técnica de Degradabilidade In Situ para avaliação de Forragens e Alimentos Concentrados. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE PRODUÇÃO DE RUMINANTES, 1994, Maringá. *Anais...* Maringá: EDUEM, 1994. p.89-93.

TOMICH, TR. *Potencial forrageiro de híbridos de sorgo com capim Sudão avaliados em regime de corte*. Belo Horizonte: Escola de Veterinária da UFMG, 2003. 88p. Dissertação (Doutorado em Ciência Animal).

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

VAN SOEST, P.J., ROBERTSON, J.B., LEWIS, B.A. Methods for dietary fiber, neutral detergent, and nonstarch polysaccharides in relation to animal

nutrition. *J. Dairy Sci.*, v.74, n.10, p.3583-3597, 1991.

CAPÍTULO V

DEGRADABILIDADE E CINÉTICA DE FERMENTAÇÃO RUMINAL DAS SILAGENS DE TRÊS GENÓTIPOS DE MILHETO AVALIADAS PELA TÉCNICA *IN VITRO* SEMI-AUTOMÁTICA DE PRODUÇÃO DE GASES

5.1. RESUMO

Este trabalho teve como objetivos avaliar a degradabilidade e a cinética de fermentação ruminal das silagens de três genótipos de milho (BRS-1501, NPM-1 e CMS-3), determinadas por meio da técnica *in vitro* semi-automática de produção de gases, utilizando inóculos de ovinos. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso em esquema de parcelas subdivididas, sendo as médias comparadas pelo teste SNK ($p < 0,05$). Os parâmetros potencial máximo de produção de gases (A), tempo de colonização (L), taxa de produção de gases (μ) e degradabilidade efetiva foram obtidos pelo modelo de France et al. (1993). As comparações entre os genótipos nos diferentes períodos de fermentação, indicam que a partir de 24 horas, o genótipo BRS-1501 foi o que apresentou maior produção cumulativa de gases. Os valores de degradabilidade da matéria seca (DMS) apresentados às 96 horas de fermentação foram de 53,9% para a silagem do BRS-1501, 51,7% para a silagem do CMS-3 e 49,1% para a silagem NPM-1, sendo este o material com menor degradabilidade ($p < 0,05$). Os potenciais máximos de produção de gases variaram de 145,18 para o genótipo CMS-3 a 155,02 mL/g de MS para o BRS-1501. A silagem do genótipo BRS-1501 se destacou entre as demais, em função do seu maior potencial de produção de gases e degradabilidades efetivas.

Palavras chave: ruminantes, silagem, técnica *in vitro* semi-automática de produção de gases, valor nutricional.

5.2. ABSTRACT

This study aimed to evaluate the dry matter digestibility and fermentation kinetics of three pearl millet genotypes silages (BRS-1501, NPM-1 and CMS-3) estimated by semi-automated *in vitro* gas production technique. The statistical design was a randomized blocks, being the means compared by SNK test ($p < 0.05$) and fermentation kinetics parameters calculated using France et al. (1993) model. When comparing genotypes silages in different fermentation periods, the greater cumulative gas production from 24 hours on was verified to BRS-1501 genotype silage. The dry matter degradability (DMD) values after 96 hours incubation were: 53.9% to BRS-1501 genotype silage, 51.7 % to NPM-1 and 49.1% to CMS-3, that presented the lower DMD ($p < 0.05$). The maximum gas production potentials ranged from 145.18 mL/g of dry matter to CMS-3 genotype silage up to 155.02 mL/g of dry matter to BRS-1501. The BRS-1501 silage stood out against other silages due to its highest gas production potential and effective degradabilities.

Keywords: nutritional value, ruminant, semi-automated *in vitro* gas production technique, silage.

5.3. INTRODUÇÃO

O milho é uma forrageira de clima atual de verão, rústica, adaptada a plantios de safrinha e em regiões com regime pluviométrico irregular, sendo uma opção interessante para produção de silagem nestas condições. De acordo com Guimarães Jr (2003) as silagens de milho apresentaram boa qualidade e perfil de fermentação, sendo a cultura do milho adequada a esse fim. No entanto, poucos são os estudos sobre o valor nutricional da silagem de milho.

Diversos métodos químicos e biológicos foram desenvolvidos para estimar a digestibilidade e degradabilidade de alimentos, predizendo, assim, o valor nutritivo dos mesmos. Os ensaios *in vivo* envolvendo produção animal e digestibilidade são os métodos mais precisos para determinar o valor nutricional dos alimentos. Entretanto, os mesmos requerem considerável uso de animais, alimentos, mão-de-obra, tempo e alto custo financeiro. Como consequência várias técnicas *in vitro* foram desenvolvidas no sentido de viabilizar o estudo nutricional de alimentos.

A técnica *in vitro* semi-automática de produção de gases (Maurício et al., 1999), é uma metodologia interessante para avaliação do valor nutritivo de alimentos. Esta técnica possibilita a avaliação de um grande número de substratos, tem baixo custo, alta repetibilidade e oferece a possibilidade de descrição da cinética da fermentação no rúmen, estimando a taxa e a extensão da degradação.

O objetivo deste estudo foi avaliar a degradabilidade e a cinética de fermentação ruminal das silagens de três genótipos de milho, determinadas por meio da técnica *in vitro* semi-automática de produção de gases.

5.4. MATERIAL E MÉTODOS

5.4.1. Local do experimento

O cultivo e ensilagens dos materiais foram realizados nas dependências da Embrapa Milho e Sorgo, em Sete Lagoas - MG, enquanto o ensaio de digestibilidade pela técnica *in vitro* semi-automática de produção de gases, procedeu-se no Laboratório de Nutrição da Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais.

5.4.2. Tratamentos e processamento das amostras

As silagens de milho avaliadas neste experimento (BRS-1501, NPM-1 e CMS-3) foram as mesmas utilizadas no experimento de consumo e digestibilidade aparente (Capítulo III) obtidas aos 100 dias após plantio cujas composições químicas são demonstradas na Tabela 1 – Cap. III. Os materiais foram amostrados dos alimentos oferecidos aos animais ao longo do experimento de consumo. Do material amostrado foi feito um pool por genótipo, que foi submetido à pré-secagem em estufa de ventilação forçada a 65° C por 72 horas e posteriormente moído em moinho com peneira de diâmetro de 1 mm. Em seguida, foram armazenados em frascos de polietileno, com tampas e posteriormente utilizados para incubação nos frascos de fermentação.

5.4.3. Procedimento experimental

5.4.3.1. Frascos de fermentação

A incubação foi feita em frascos de vidro com capacidade para 160mL que previamente ao experimento foram lavados com água destilada e secos. Posteriormente

os frascos foram saturados com dióxido de carbono e adicionados com um grama de substrato. Foram utilizados três frascos para cada genótipo e mais três frascos de brancos (frascos contendo apenas o meio de cultura e o inóculo). Para cada frasco, foram adicionados manualmente, utilizando uma proveta, 90 ml de meio de cultura conforme Theodorou et al. (1994). Os frascos foram vedados com rolhas de borracha (14 mm) e seladas com anilhas de alumínio. Para evitar que qualquer tipo de fermentação ocorresse, os frascos foram mantidos a 4 °C durante a noite. Cinco horas antes da inoculação os frascos foram removidos da geladeira para estufa a 39 °C até o momento da inoculação. As leituras de pressão foram tomadas em maior frequência durante o período inicial de fermentação e reduzidas posteriormente (2, 4, 6, 8, 10, 12, 15, 19, 24, 30, 36, 48, 72, e 96 h), sendo que após as leituras de 6, 12, 24, 48 e 96 horas os frascos foram retirados para a determinação da degradabilidade. Desta forma, foram utilizados 11 frascos (3 repetições por genótipo, além de dois brancos) para cada genótipo (3), em cada tempo (5), e os para quatro diferentes inóculos, sendo 55 frascos para cada um dos inóculos utilizados num total de 220 frascos.

5.4.3.2. Meio de cultura

No dia anterior ao início do experimento, o meio de cultura constituído de uma mistura de solução tampão, macrominerais, microminerais, resazurina e agentes redutores, foi preparado de acordo com recomendações de Theodorou et al. (1994). Este foi agitado constantemente e saturado com CO₂ por duas horas até atingir coloração rosada, sendo então adicionados 90mL desta solução aos frascos de fermentação com auxílio de uma proveta. Os frascos foram vedados com rolhas de silicone (14mm) e mantidos a 4°C durante

a noite para evitar que qualquer tipo de fermentação ocorresse.

5.4.3.3. Preparação do inóculo e inoculação

Cinco horas antes da inoculação os frascos com as amostras e o meio de cultura foram removidos da geladeira para estufa a 39°C até o momento da inoculação. A inoculação foi feita com líquido ruminal obtido dos mesmos ovinos utilizados no ensaio de degradabilidade *in situ* (Capítulo IV), sendo utilizados inóculos obtidos de três animais e mais um pool destes três inóculos, que deu origem ao quarto. A dieta dos animais era a mesma do experimento de degradabilidade *in situ*, constituída de feno de “Coast-cross” (*Cynodon* spp) à vontade e 300g/dia de concentrado comercial com 20% PB (base de milho, farelo de soja e minerais com 20% de proteína bruta).

O líquido ruminal foi retirado manualmente com auxílio de uma mangueira plástica e armazenado em garrafas térmicas previamente aquecidas. No laboratório, o líquido ruminal foi filtrado através de duas camadas de panos de algodão sob injeção contínua de CO₂ e mantido em banho-maria a 39°C. A inoculação foi realizada através da injeção de 10mL do inóculo por frasco através de seringa plástica graduada. Imediatamente após a inoculação, os frascos tiveram a pressão estabilizada através da inserção de agulhas (25 mm x 7 mm) nas tampas dos frascos. As agulhas foram posteriormente retiradas, os frascos manualmente agitados e colocados em estufa a 39°C e deu-se o início da contagem dos tempos de fermentação.

5.4.3.4. Produção de gases

A pressão originada pelos gases foi medida através de um transdutor de pressão (tipo

T443A, Bailey & Mackey, Inglaterra) conectado em sua extremidade a uma agulha (25 mm x 7 mm). As leituras de pressão foram tomadas em maior frequência durante o período inicial de fermentação e reduzidas posteriormente (2, 4, 6, 8, 10, 12, 15, 19, 24, 30, 36, 48, 72 e 96 h). A partir da inserção da agulha na tampa de silicone a pressão produzida no interior dos frascos foi lida no leitor digital e registradas em planilhas para cálculos posteriores do volume de gases pela equação matemática sugerida por Mauricio et al (2003):

$$VG \text{ (mL)} = 0,051 P^2 + 4,43 P - 0,004 \quad (r^2 = 0,99)$$

Em que: VG = volume de gases produzido e P = pressão em psi.

5.4.3.5. Degradabilidade da matéria seca (DMS)

A DMS foi obtida pela relação entre a porcentagem do material inicialmente incubado e o resíduo após os períodos de 6, 12, 24, 48 e 96 horas de fermentação. O resíduo da degradação foi obtido por meio da filtragem do conteúdo de cada frasco (retirados após os períodos de incubação definidos) em cadinhos de porosidade 1 e posterior secagem em estufa a 100°C por 12 horas.

5.4.4. Procedimentos estatísticos

O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso em esquema de parcelas sub-divididas, onde os quatro diferentes inóculos foram equivalentes aos blocos, os genótipos (BRS-1501, NPM-1 e CMS-3) aos tratamentos e os tempos de incubação de 6, 12, 24, 48 e 96 horas às sub-parcelas,

conforme esquema da análise de variância abaixo.

Fontes de variação	Graus de liberdade
Genótipos (parcelas)	2
Inóculos (blocos)	3
Erro (A)	6
Total de parcelas	11
Horário (sub-parcelas)	4
Genótipos x horário	8
Erro (B)	36
Total de sub-parcelas	59

Para a comparação das médias de cada tratamento nos diferentes períodos de incubação e das médias dos diferentes períodos de incubação dentro de cada tratamento, utilizou-se o teste de SNK a 5% de probabilidade.

Os dados de produção cumulativa de gases oriundos da fermentação de cada tratamento foram ajustados através do software *Maximun Likelihood Program* (Ross, 1980) ao modelo de France et al. (1993):

$$Y = A \left\{ 1 - \exp \left[-b(t-L) - c x (\sqrt{t} - \sqrt{L}) \right] \right\} \quad (1)$$

Em que,

Y = produção cumulativa de gases (mL);
 A = assíntota ou potencial máximo de produção de gases;
 L = tempo de colonização (*lag time*);
 b (h⁻¹) e c (h^{-0,5}) = taxas fracionais constantes

Uma taxa fracional (h⁻¹) combinada à produção de gases (μ) foi calculada como:

$$\mu = b + \frac{c}{2\sqrt{t}} \quad (2)$$

Em que,

μ = taxa de produção de gases (h⁻¹);

b e c = parâmetros semelhantes ao da equação (1);
 t = tempo de incubação em horas.

As degradabilidades efetivas (DEMS) empregando as taxas de passagem de 2, 5 e 8%/h para baixo, médio e alto consumo, respectivamente, conforme recomendações do ARC (1984) foram calculadas pela equação (3) proposta por France et al. (1993), utilizando o software MLP (Ross, 1980).

$$DEMS = S_0 e^{-kT} (1 - kI) / (S_0 + U_0) \quad (3)$$

Em que,

k = taxa de passagem;

S_0 e U_0 = frações inicialmente fermentáveis e frações não fermentáveis, respectivamente.

$$I = \int_0^{\infty} \exp -[(b + k)(t - T) + c(\sqrt{t} - \sqrt{T})] dt$$

Foi feito ainda, um estudo de regressão e correlação entre os parâmetros de degradabilidade da matéria seca (DMS) e produção cumulativa de gases (PCG) para a silagem de cada genótipo avaliado.

5.5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As composições bromatológicas das silagens avaliadas podem ser verificadas na Tabela 1. do capítulo III.

Na Tabela 1 encontram-se as produções cumulativas de gases e as degradabilidades da matéria seca das silagens de milho, após 6, 12, 24, 48 e 96 horas de fermentação.

Com relação às produções cumulativas de gases, no período de 6 horas não foram verificadas diferenças significativas entre as silagens dos genótipos ($p > 0,05$), no entanto, a partir das 12 horas a silagem do genótipo CMS-3 se mostra inferior às demais ($p < 0,05$). Do período de 24 até 96 horas a silagem do genótipo BRS-1501 se destaca, apresentando as maiores produções cumulativas de gases ($p < 0,05$) quando comparado às silagens dos genótipos NPM-1 e CMS-3, que por sua vez foram estatisticamente semelhantes ($p > 0,05$). As produções cumulativas apresentadas no período de 96 horas foram de 157,7 mL/g de MS para a silagem do BRS-1501, 147,6 mL/g de MS para a silagem do NPM-1 e 147,3 mL/g de MS para a do CMS-3. As comparações entre as silagens dos genótipos nos diferentes períodos de fermentação indicam que a partir de 24 horas, a do BRS-1501 foi a que sofreu maior fermentação.

Para produção de gases ao longo do processo fermentativo, observa-se um aumento significativo ($p < 0,05$) para as

Tabela 1. Produções cumulativas de gases (em mL/g de MS) corrigidas para um grama de matéria seca (PCG) e degradabilidade da matéria seca em percentagem (DMS) após 6, 12, 24, 48 e 96 horas de fermentação das silagens de três genótipos de milho NPM-1, BRS-1501 e CMS-3)

Genótipos	Períodos de fermentação				
	6	12	24	48	96
<i>PCG</i>					
NPM-1	12,1 ^{Ea}	35,5 ^{Da}	82,9 ^{Cb}	123,7 ^{Bb}	147,6 ^{Ab}
BRS-1501	12,4 ^{Ea}	35,6 ^{Da}	88,5 ^{Ca}	132,8 ^{Ba}	157,7 ^{Aa}
CMS-3	10,5 ^{Ea}	29,5 ^{Db}	80,0 ^{Cb}	122,6 ^{Bb}	147,3 ^{Ab}
<i>DMS</i>					
NPM-1	16,8 ^{Eb}	22,2 ^{Da}	34,4 ^{Cb}	43,9 ^{Bb}	49,1 ^{Ab}
BRS-1501	20,0 ^{Ea}	24,6 ^{Da}	39,4 ^{Ca}	47,6 ^{Ba}	53,9 ^{Aa}
CMS-3	17,8 ^{Eab}	23,0 ^{Da}	37,1 ^{Ca}	45,8 ^{Bab}	51,7 ^{Aa}

Letras maiúsculas idênticas significam semelhança estatística ($p > 0,05$) em uma mesma linha; letras minúsculas idênticas representam semelhança estatística em uma mesma coluna (DMS: CV = 4,6%; PCG: CV=4,04%).

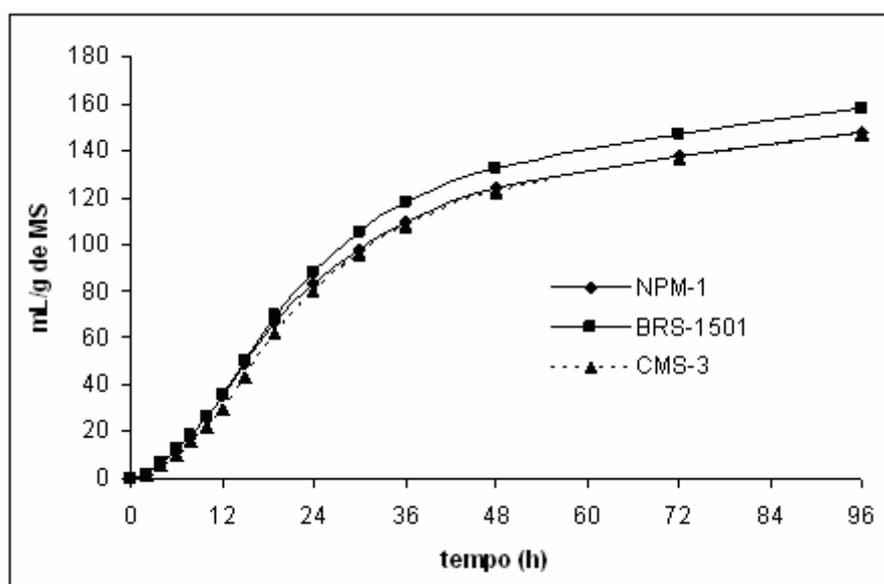


Figura 1. Produções cumulativas de gases da matéria seca das silagens de milho (genótipos NPM-1, BRS-1501 e CMS-3)

silagens de todos os genótipos até o período de 96 horas. O mesmo pode ser observado na Figura 1, onde são representados genótipos de milho. Neste gráfico nota-se a superioridade das curvas obtidas para as silagens do genótipo BRS-1501, quando comparado às do CMS-3 e NPM-1, que mostram-se bastante semelhantes. Quanto às degradabilidades da matéria seca, no período inicial de fermentação (6 horas) a

silagem do genótipo NPM-1 apresentou menor DMS quando comparado à do BRS-1501 ($p < 0,05$), porém foi estatisticamente semelhante à silagem do CMS-3, que por sua vez foi semelhante ao BRS-1501 ($p > 0,05$). Às 12 horas não foram observadas diferenças significativas entre os materiais ($p > 0,05$). No período de 24 horas, os genótipos BRS-1501 (39,4%) e CMS-3 (37,1%) foram semelhantes

estatisticamente entre si e superiores ao NPM-1 (34,4%) ($p < 0,05$). Após 48 horas, o BRS-1501 foi semelhante estatisticamente quando comparado ao CMS-3 e superior ao NPM-1, no entanto, os dois últimos não apresentaram diferenças estatísticas entre si ($p > 0,05$). O comportamento de resposta verificado no período final de fermentação (96 horas) foi igual ao encontrado no período de 24 horas e valores de DMS apresentados foram de 53,9% para o BRS-1501, 51,7% para o CMS-3 e 49,1% para o NPM-1, sendo este o material com menor degradabilidade ($p < 0,05$).

Assim como verificado nas PCG, quando os diferentes períodos de fermentação são avaliados para o mesmo genótipo, observa-se um aumento significativo na DMS ($p < 0,05$) à medida que avança o tempo de incubação. As diferenças na ordem de superioridade dos genótipos entre a PCG e DMS podem ser explicadas pelo fato de na técnica gravimétrica (DMS), a parte solúvel do alimento pode ser considerada instantaneamente degradada, o que não é contemplado na PCG onde a fração solúvel permanece no frasco e sua cinética de fermentação pode interferir no volume de gases produzidos.

A relação entre PCG e DMS nos horários de 6, 12, 24, 48 e 96 horas foram significativas ($p < 0,05$) e descritas pelas equações de regressão expostas na Tabela 2, onde também são apresentados os

coeficiente de determinação (R^2) e correlação (r).

Todos os coeficientes de correlação (r) foram elevados e significativos ($p < 0,001$), demonstrando que para cada genótipo, o volume de gases produzidos refletiu o processo de degradação da matéria seca. Todas as equações apresentaram elevados coeficientes de determinação. Fato também observado por Pereira (2003), Mould et al. (1999) que avaliaram pela técnica de produção de gases as silagens de girassol e milho, respectivamente.

Na Figura 2, encontram-se as curvas de produção de gases por hora das silagens dos três genótipos de milheto. Com base neste gráfico observa-se que as maiores produções de gases por hora foram obtidas aproximadamente no período de seis horas de fermentação, fato provavelmente ligado à fermentação dos carboidratos prontamente disponíveis. Já entre os períodos de 14 e 24 horas observa-se uma segunda elevação na produção de gases por hora que pode estar relacionada à fermentação dos carboidratos fibrosos. Sendo assim, pode-se sugerir que as silagens dos genótipos BRS-1501 e o NPM-1 são as que provavelmente possuem maior concentração de carboidratos solúveis, pois apresentaram a primeira curva do gráfico mais elevada. Já a degradabilidade da fração fibrosa da silagem do NPM-1 possivelmente é menor quando comparada às demais, que

Tabela 2. Equações de regressão entre os valores de degradabilidade da matéria seca (DMS) e produção cumulativa de gases (PCG) das silagens de três genótipos de milheto, com respectivos coeficientes de determinação (R^2) e correlação (r)

Genótipos	Equações	R^2	r (DMS x PCG)
NPM-1	PCG = 4,1245DMS - 56,946	0,99	0,99
BRS-1501	PCG = 4,2064DMS - 70,67	0,98	0,99
CMS-3	PCG = 3,9894DMS - 61,999	0,98	0,99

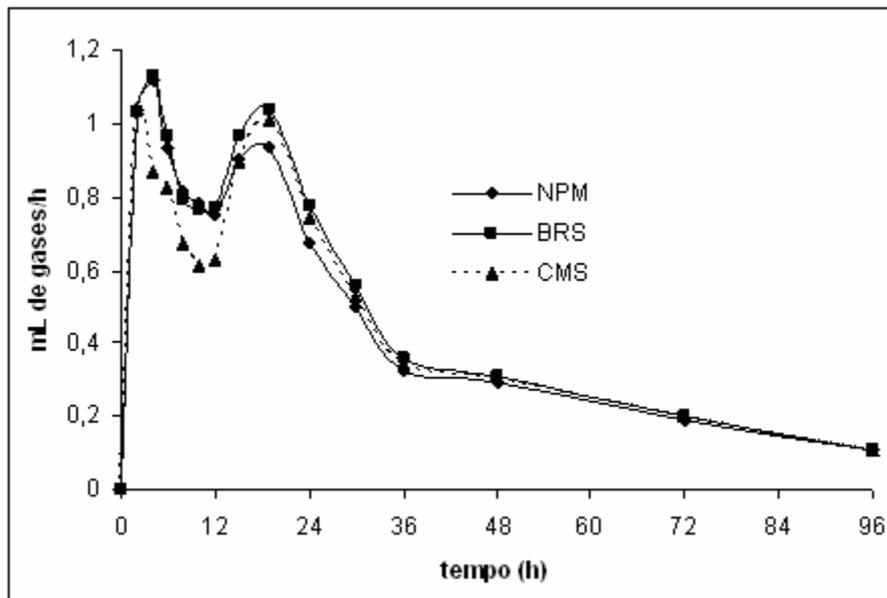


Figura 2. Produções de gases por hora, das silagens de milho (genótipos NPM-1, BRS-1501 e CMS-3)

apresentaram maiores elevações na segunda curva do gráfico.

Os parâmetros da cinética de produção de gases e degradabilidade efetiva, determinados pelo modelo de France et al. (1993), referentes à matéria seca das silagens de milho, encontram-se na Tabela 3.

Os potenciais máximos de produção de gases variaram de 145,18 para o genótipo CMS-3 a 155,02 mL/g de MS para o BRS-1501, demonstrando que este material foi o que expressou a maior degradação ruminal, sem considerar o tempo de permanência da digesta dentro do rúmen. De acordo com Cone e Van Gelder (1999) comparações com outros tipos de substratos avaliados por essa técnica, com o objetivo de situar a qualidade dos híbridos testados, devem ser evitadas, visto que, as diferenças no teor protéico e na relação acetato/propionato, determinada pela fermentação do alimento analisado (Getachew et al., 1998), podem influenciar o volume de gases produzido,

sem necessariamente estar relacionado à degradação, ou à qualidade do alimento.

O tempo de colonização (TC) representa o tempo compreendido entre o início da incubação até a ação microbiana sobre a amostra testada. As reduções no tempo de colonização são favorecidas pela presença de substratos prontamente fermentáveis e por características físicas e químicas da parede celular da amostra. No presente trabalho o menor tempo de colonização foi verificado para a silagem do genótipo NPM-1, sendo seguido pelo BRS-1501 (2 horas e trinta minutos) e pelo CMS-3 (2 horas e quarenta e quatro minutos). O padrão de resposta verificado neste parâmetro é coerente com o que foi observado na Figura 2, onde o BRS-1501 e o NPM-1 apresentaram o maior pico inicial de produção de gases.

De acordo com Tomich (2003), partindo do princípio que os gases produzidos refletem a degradação da amostra testada, a taxa e o potencial máximo de produção de gases são, provavelmente, os principais

Tabela 3. Potencial máximo de produção de gases (A) em mL/g de MS, tempo de colonização (TC) em horas e minutos, taxa de produção de gases (μ) em mL/g de MS/h e degradabilidade efetiva da matéria seca (% de MS) para as taxas de passagem 2,0%, 5,0% e 8% das silagens de três genótipos de milho

Parâmetros	Genótipos		
	NPM-1	BRS-1501	CMS-3
A (mL/g de MS)	145,80	155,02	145,18
TC (h:min)	2:02	2:30	2:44
μ (mL/g de MS/h)	0,025	0,023	0,021
DE 2,0%/h (%)	32,22	35,03	33,08
DE 5,0%/h (%)	20,52	21,60	19,61
DE 8,0%/h (%)	14,92	14,67	12,72

parâmetros para avaliar a qualidade de forrageiras testadas pelas técnicas de produção de gases. Sendo assim, forrageiras mais fermentáveis ou digestíveis seriam aquelas que apresentam maiores valores de potencial máximo associado a altas taxa de produção de gases, resultando numa maior fermentação do material em menor tempo de incubação. As taxas de produção de gases obtidas neste experimento foram próximas, sendo de 0,025 mL/g de MS/h para o genótipo NPM-1, 0,023 mL/g de MS/h para o BRS-1501 e 0,021 mL/g de MS/h para o CMS-3.

As degradabilidades efetivas calculadas com base nos parâmetros obtidos pelo modelo de France et al. (1993) associados aos resultados de degradabilidade da MS após 96 horas, mostram que a silagem do genótipo BRS-1501 foi superior às demais, entretanto, com o aumento da taxa de passagem, as diferenças foram minimizadas, principalmente quando este genótipo foi comparado ao NPM-1, fato explicado pelo seu menor tempo de colonização. Para taxas de passagem simulando animais em nível de manutenção (2%/h), nível médio de produção (5%/h - equivalente a observada para ovinos em crescimento) e alto nível de produção, alimentados com dietas mistas, os valores de DE variaram de 12,72% para o NPM-1 a

uma taxa de 8,0%/h a 35,03% para o BRS-1501 a uma taxa de 2%/h.

5.6. CONCLUSÕES

Tendo como base a técnica *in vitro* semi-automática de produção de gases, a silagem do genótipo BRS-1501 se destacou entre as demais, em função do seu maior potencial de produção de gases e degradabilidades efetivas.

5.7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGRICULTURAL RESEARCH COUNCIL - ARC. *The nutrient requirements of ruminant livestock*. Sppl. 1. Slough: Commonwealth Agricultural Bureaux. 1984. 45p.
- CONE, J.W., VAN GELDER, A.H. Influence of protein fermentation on gas production profiles. *Anim. Feed Sci. Tech.*, v.76, p. 251-264, 1999.

- FRANCE, J., DHANOA, M.S., THEODOROU, M.K., et al. A model to interpret gas accumulation profiles associated with *in vitro* degradation of ruminant feeds. *J. Theor. Biol.*, v. 163, p. 99-111, 1993.
- GETACHEW, G., BLÜMMEL, M., MAKKAR, H.P.S. et al. In vitro gas measuring techniques for assessment of nutrition quality of feeds: a review. *Anim. Feed Sci. Technol.*, v.72, n.3-4, p.261-281, 1998.
- GUIMARÃES JR, R. *Potencial forrageiro, perfil de fermentação e qualidade das silagens de três genótipos de milho [pennisetum glaucum (l). R. Br.]*. 2003. 44p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG.
- MAURICIO, R.M., MOULD, F.L., DHANOA, M.S., OWEN, E., CHANNA, K.S., THEODOROU, M.K. A semi-automated in vitro gas production technique for ruminants feedstuff evaluation. *Anim. Feed Sci. Tech.*, 79:321-330. 1999.
- MAURÍCIO, R.M., PEREIRA, L.G.R., GONCALVES, L.C. et al. Relação entre pressão e volume para implantação da técnica in vitro semi-automática de produção de gases na avaliação de forrageiras tropicais. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, vol.55, n.2, p.216-219, 2003.
- MOULD, F.L., SMITH, T., OWEN, E., et al. The relationship between DOMD and gas release estimated "in vitro" using the Reading Pressure Technique system for four maize silages of different maturity. *Proc. British Soc. Anim. Sci.*, p.150, 1999.
- PEREIRA, L. G. R. *Potencial forrageiro da cultura do girassol (Helianthus annuus L.) para a produção de silagem*. 2003. 134p. Tese (Doutorado em Ciência Animal) - Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- ROSS, G.J.S. *Maximum Likelihood Program (A Manual)*. Tothmsted Experimental Station, Hampendon. 1980.
- THEODOROU, M.K., WILLIAMS, B.A., DHANOA, M.S., McALLAN, A.B., e FRANCE, J. A new gas production method using a pressure transducer to determine the fermentation kinetics of ruminal feeds. *Anim. Feed Sci. Tech.*, v. 48, p. 185-197, 1994.
- TOMICH, TR. *Potencial forrageiro de híbridos de sorgo com capim Sudão avaliados em regime de corte*. 2003. 88p. Tese (Doutorado em Ciência Animal) - Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

CAPÍTULO VI

CONCLUSÕES GERAIS

Com base nos resultados deste trabalho conclui-se que os genótipos de milho estudados apresentaram um bom valor nutricional, podendo ser indicados como opção para produção de silagem.

As silagens de milho apresentaram elevada concentração e qualidade da fração protéica.

De modo geral, as silagens dos genótipos BRS-1501 e CMS-3 foram as de melhor valor nutricional, sendo que a última apresentou qualidade da fração proteína bruta superior entre as demais.

Face às baixas degradabilidades da fração fibrosa das silagens de milho, mais estudos que associem o momento de colheita da cultura ao valor nutricional da silagem são necessários.