

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

**VALOR NUTRITIVO DAS SILAGENS DE TRÊS GENÓTIPOS DE MILHO EM
TRÊS ESTÁDIOS DE MATURAÇÃO**

FERNANDO PIMONT PÔSSAS

Belo Horizonte

2013

FERNANDO PIMONT PÔSSAS

**VALOR NUTRITIVO DAS SILAGENS DE TRÊS GENÓTIPOS DE MILHO EM
TRÊS ESTÁDIOS DE MATURAÇÃO**

Tese apresentada ao Departamento de Zootecnia da Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial para obtenção do grau de Doutor em Zootecnia.

Área de Concentração: Nutrição Animal

Orientador: Prof. Lúcio Carlos Gonçalves

Belo Horizonte – Minas Gerais

Escola de Veterinária – UFMG

2013

Ficha catalografica

Tese defendida e aprovada em 26 de fevereiro de 2013 pela Comissão Examinadora composta por:

Prof. Lúcio Carlos Gonçalves
(Orientador)

Prof. Diogo Gonzaga Jayme

Prof. Norberto Mário Rodriguez

Dr. José Avelino Santos Rodrigues

Dr. Luiz Gustavo Ribeiro Pereira

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus pais e meu irmão, pelo apoio incondicional em todas as minhas decisões na vida, e ao Professor Lúcio, meu exemplo de profissional e por todos os ensinamentos durante todos esses anos de trabalho.

AGRADECIMENTOS

A Deus por me proporcionar saúde para a realização de mais um sonho!

Aos meus pais pelo apoio e exemplo de amor e dedicação! Ao meu irmão, pelos conselhos e amizade em todos os momentos!

Ao professor Lúcio pelo exemplo, paciência e por todos os conselhos e ensinamentos durante minha graduação, Mestrado e Doutorado! Muito Obrigado!

As minhas avós Célia e Zilda, aos meus tios e primos por todo apoio.

Aos pesquisadores da Embrapa Luiz Gustavo, Fernanda, Mariana e José Avelino pelo apoio durante a realização dos experimentos.

Aos professores do departamento de zootecnia da EV-UFMG, principalmente Diogo, Norberto, Ana Luiza, Iran, Ricardo, Décio e Sandra pelos ensinamentos e exemplo de profissionais.

Aos colegas de grupo: Fred, Danado, Felipe, Otaviano, Diego, Pedro, André, Alex, Gabriel, e em especial ao Marcelo e Fernanda pelo apoio durante a execução do experimento.

A todos os amigos que torceram por mim.

Aos colegas da Tortuga, pelo apoio durante o curso, especialmente ao Rodrigo e Dr. Max (*in memoriam*).

Aos colegas do Laboratório de nutrição animal da EV-UFMG (Toninho, Marcos e Kelly), às estagiárias da Embrapa e equipe dos laboratórios (Ellen, Larissa, Tainá, Mário, Luis, Mengo, Moreira e).

A equipe do Rumen gás.

Ao Cnpq pela bolsa concedida.

A todos que de alguma forma contribuíram para a realização desse sonho!

| | |
|---|----|
| | 10 |
| SUMARIO | |
| RESUMO | 13 |
| ABSTRACT | 14 |
| CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO | |
| | 15 |
| CAPÍTULO 2 - REVISÃO DE LITERATURA | |
| | 18 |
| 2.1. A cultura do milho | 18 |
| 2.2. Produtividade | 19 |
| 2.3. Ponto de colheita | 21 |
| 2.4. Consumo e digestibilidade aparente | 25 |
| 2.5. Técnica de degradabilidade <i>in situ</i> | 27 |
| 2.6. Técnica <i>in vitro</i> semi-automática produção de gases | 31 |
| 2.7. Metabolismo energético nos ruminantes | 35 |
| 2.8. Produção de metano entérico por ruminantes | 38 |
| 2.9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 40 |
| CAPÍTULO 3 – EXPERIMENTO I | |
| | 51 |
| CONSUMO E DIGESTIBILIDADE APARENTE DAS SILAGENS DE TRÊS HÍBRIDOS DE MILHO COLHIDOS EM TRÊS IDADES | |
| | 51 |
| 3.1 RESUMO | 51 |
| 3.2 INTRODUÇÃO | 51 |
| 3.3 MATERIAL E MÉTODOS | 51 |
| 3.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO | 56 |
| 3.4.1 Composição química das silagens de três híbridos de milho colhidos em três pontos de corte | 56 |
| 3.4.2 Consumo e digestibilidade aparente da matéria seca | 60 |
| 3.4.3 Consumo e digestibilidade aparente da proteína bruta e balanço de nitrogênio | 63 |
| 3.4.4 Consumo e digestibilidade das frações fibrosas | 68 |
| 3.5 CONCLUSÃO | 72 |
| 3.6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 73 |
| CAPÍTULO 4 – EXPERIMENTO II | |
| | 77 |
| PARTIÇÃO DA ENERGIA E PRODUÇÃO DE METANO ENTÉRICO EM OVINOS ALIMENTADOS COM SILAGEM DE TRÊS HÍBRIDOS DE MILHO COLHIDOS EM TRÊS IDADES | |
| | 77 |
| 4.1 RESUMO | 77 |
| 4.2 INTRODUÇÃO | 78 |
| 4.3 MATERIAL E MÉTODOS | 78 |
| 4.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO | 83 |
| 4.4.1 Consumo de energia | 83 |
| 4.4.2 Perdas de energia | 86 |
| 4.4.3 Eficiência de utilização da energia | 90 |
| 4.4.4 Teores de energia | 92 |

| | |
|--|-----|
| | 11 |
| 4.4.5 Respirometria | 94 |
| 4.4.6 Produção de metano entérico | 98 |
| 4.5 CONCLUSÕES | 100 |
| 4.6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 100 |
| CAPÍTULO 5 – EXPERIMENTO III | 103 |
| CINÉTICA DE FERMENTAÇÃO RUMINAL IN VITRO DAS SILAGENS DE TRÊS HÍBRIDOS DE MILHO EM TRÊS IDADES DE CORTE | 103 |
| 5.1 RESUMO | 103 |
| 5.2 INTRODUÇÃO | 104 |
| 5.3 MATERIAL E MÉTODOS | 104 |
| 5.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO | 106 |
| 5.5 CONCLUSÕES | 114 |
| 5.6 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 115 |
| CAPÍTULO 6 - EXPERIMENTO IV | 117 |
| DEGRADABILIDADE “IN SITU” DA MATÉRIA SECA E DA MATÉRIA ORGÂNICA DAS SILAGENS DE TRÊS HÍBRIDOS DE MILHO COLHIDOS EM TRÊS IDADES | 117 |
| 6.1 RESUMO | 117 |
| 6.2.INTRODUÇÃO | 117 |
| 6.3 MATERIAL E MÉTODOS | 118 |
| 6.4 RESULTADO E DISCUSSÃO | 120 |
| 6.4.1 Degradabilidade ruminal “in situ” da matéria seca | 120 |
| 6.4.2.Degradabilidade ruminal “in situ” da matéria orgânica | 122 |
| 6.5 CONCLUSÕES | 123 |
| 6.6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 124 |
| CAPÍTULO 7 – CONSIDERAÇÕES FINAIS | 125 |

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 3

- Tabela 1. Valores de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), hemiceluloses (HEM), celulose (CEL) e lignina (Lig) em porcentagem da MS, e valores de energia bruta (Mcal/kg) das silagens de três híbridos de milho colhidos nos pontos pastoso, farináceo e farináceo-duro. 57
- Tabela 2. Valores médios de consumo de matéria seca em g/UTM/dia (CMS/UTM), digestibilidade aparente da matéria seca (DAMS) em porcentagem (%) e consumo da matéria seca digestível em g/UTM/dia (CMSD/UTM) das silagens de três híbridos de milho colhidos em três épocas. 61
- Tabela 3. Valores médios de consumo de proteína bruta em g/UTM/dia (CPB/UTM), digestibilidade aparente da proteína bruta (DAPB) em porcentagem (%) e consumo de proteína bruta digestível em g/UTM/dia (CPBD/UTM) das silagens de três híbridos de milho colhidos em três épocas. 63
- Tabela 4. Nitrogênio (N) ingerido, N fecal, N urinário e balanço de nitrogênio em gramas por dia (g/dia) das silagens de três híbridos de milho colhidos em três épocas. 66
- Tabela 5. Valores médios de consumo de FDN em g/UTM/dia (CFDN/UTM), digestibilidade da FDN (DAFDN) em porcentagem (%) e consumo de FDN digestível em g/UTM/dia (CFDND/UTM) das silagens de três híbridos de milho colhidos em três épocas. 69
- Tabela 6. Valores médios de consumo de FDA em g/UTM/dia (CFDA/UTM), digestibilidade da FDA (DFDA) em porcentagem (%), consumo de FDA digestível em g/UTM/dia (CFDAD/UTM) e consumo de lignina em g/UTM/dia (CLIG/UTM) das silagens de três híbridos de milho colhidos em três épocas. 71

CAPÍTULO 4

- Tabela 1. Valores médios de consumo de energia bruta (CEB), de energia digestível (CED), de energia metabolizável (CEM) e de energia líquida (CEL), em Kcal por UTM/dia das silagens dos híbridos de milho BRS 1035, BRS 1031 e BRS 1001 colhidos em três idades. 84
- Tabela 2. Valores médios de perda diária de energia nas fezes, na urina, na forma de metano e incremento calórico, em Kcal por unidade de tamanho metabólico (Kcal/UTM/d) e em porcentagem da energia bruta ingerida (% da EB) das silagens dos híbridos de milho BRS 1035, BRS 1031 e BRS 1001 colhidos em três idades. 87
- Tabela 3. Valores médios de digestibilidade aparente da energia bruta (DAEB), em porcentagem, metabolizabilidade (qm), eficiência de uso da energia metabolizável para manutenção (Km) e razão entre energia líquida e energia bruta, em porcentagem, das silagens dos híbridos de milho BRS 1035, BRS 1031 e BRS 1001 colhidos em três idades. 91
- Tabela 4. Valores médios de energia bruta (EB), de energia digestível (ED), de energia metabolizável (EM) e de energia líquida (EL), em Mcal por Kg de matéria seca consumida (Mcal/Kg de MS) das silagens dos híbridos de milho BRS 1035, BRS 1031 e BRS 1001 colhidas em três idades. 93

Tabela 5. Consumo diário de oxigênio (O₂), produção diária de dióxido de carbono (CO₂) e de metano (CH₄), em litros por Kg de unidade de tamanho metabólico (L/UTM), produção diária de calor (PC) em Kcal por unidade de tamanho metabólico (Kcal/UTM) e coeficiente respiratório (CR) das silagens dos híbridos de milho BRS 1035, BRS 1031 e BRS 1001 cortados em três idades. 96

Tabela 6. Valores médios de produção de metano em litros por dia (L/d), em gramas por dia por UTM (g/d/UTM), em gramas por Kg de matéria seca ingerida (g/Kg MS), em gramas por kg de matéria seca digestível ingerida (g/kg MSd), em gramas por kg de FDN ingerido (g/kg FDN) e gramas por kg de FDN digestível ingerido (g/kg FDNd) das silagens dos híbridos de milho BRS 1035, BRS 1031 e BRS 1001 colhidos em três idades. 99

CAPÍTULO 5

Tabela 1. Produção cumulativa de gases (ml/g de MS) pela técnica “in vitro” semi-automática de produção de gases das silagens de três híbridos de milho colhidos em três idades. 107

Tabela 2. Potencial máximo de produção de gases (A) em ml/g de MS, tempo de colonização em horas e minutos (Lag), taxa de produção de gases (μ) em ml/g de MS/h, degradabilidade efetiva da matéria seca (DE) (%/h) e equações geradas pelas análises de regressão ao modelo de France et al., (1993) das silagens de três híbridos de milho cortados em três épocas. 110

Tabela 3. Degradabilidade da matéria seca, em porcentagem, após 6, 12, 24, 48 e 96 horas de fermentação das silagens de três híbridos de milho colhidos em três épocas. 113

CAPÍTULO 6

Tabela 1. Cronograma de incubação ruminal. 118

Tabela 2. Parâmetros de degradabilidade ruminal e degradabilidade efetiva (DE) da matéria seca das silagens de três híbridos de milho colhidos em três idades. 121

Tabela 3. Parâmetros de degradabilidade ruminal e degradabilidade efetiva (DE) da matéria orgânica das silagens de três híbridos de milho colhidos em três idades. 123

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 3

Figura 1. Índices pluviométricos mensais (mm) em Sete Lagos, MG. 56

RESUMO

Objetivou-se com este trabalho avaliar a ingestão voluntária, a digestibilidade aparente, a partição da energia, a produção de metano, a cinética de degradação e a degradabilidade ruminal em ovinos alimentados com as silagens de três híbridos de milho (BRS 1035, BRS 1031 e BRS 1001) colhidos em três idades (pastoso, farináceo e farináceo-duro). Os consumos de matéria seca por unidade de tamanho metabólico (CMS/UTM) variaram entre 43,36 a 62,02 g/UTM/dia, sendo que os animais alimentados com a silagem do híbrido BRS 1001 apresentaram maior consumo no estágio farináceo ($p < 0,05$). Os valores de digestibilidade aparente da matéria seca (DAMS) variaram de 55,33 a 64,10. O consumo de proteína bruta por unidade de tamanho metabólico (CPB/UTM) variou de 2,39 a 4,27 g/UTM/dia. O consumo de fibra em detergente neutro por unidade de tamanho metabólico (CFDN/UTM) variou de 24,62 a 35,24 g/UTM/dia. Os valores de digestibilidade da fibra em detergente neutro (DFDN) variaram de 42,20 a 56,07% ($P > 0,05$). Os consumos de energia bruta (CEB) variaram de 182,9 a 262,2 kcal/UTM/dia, de energia digestível (CED) de 103,26 a 152,33 kcal/UTM/dia e de energia metabolizável de 89,09 a 135,64 kcal/UTM/dia, os animais alimentados com as silagens do híbrido BRS 1035 colhido no ponto farináceo-duro apresentaram maior CEB, CED e CEM. Para os animais alimentados com as silagens dos demais híbridos não houve diferença nos CEB, CED e CEM com o avançar da maturidade da planta. Para o consumo de energia líquida (CEL), os animais alimentados com as silagens do híbrido BRS 1035 colhido no estágio farináceo-duro apresentaram valor superior ao da silagem colhida no estágio pastoso, sendo que não houve diferença no CEL da silagem colhida no estágio farináceo em relação as anteriores. Quanto as perdas de energia em relação a energia bruta consumida, a energia perdida nas fezes correspondeu a maior perda (37,01 a 45,36%), seguida pelo incremento calórico (IC) (19,59 a 35,56%), metano (4,88 a 6,88%) e urina (0,91 a 2,04%). Os valores de energia digestível (ED), energia metabolizável (EM) e energia líquida (EL) variaram de 2,42 a 2,86; 2,12 a 2,54; e 0,61 a 1,56 Mcal/kg de matéria seca ingerida. Para a ED e EM apenas as silagens do híbrido BRS 1031 apresentaram valores superiores para o estágio pastoso ($p < 0,05$). Para a EL, as silagens do híbrido BRS 1035 apresentaram valores de EL inferiores para o estágio pastoso ($p < 0,05$). O consumo diário de O_2 e a produção de CO_2 variaram de 23,0 a 32,06 L/UTM e 21,05 a 27,43 L/UTM, respectivamente. A produção de metano variou de 1,15 a 1,74 L/UTM, não havendo diferença significativa entre os tratamentos. A produção de calor variou de 113,62 a 155,84 kcal/UTM. Já os valores de coeficiente respiratório (CR) oscilaram entre 0,83 e 0,94. Não houve variação entre os tratamentos para os parâmetros de produção de metano em L/dia (20,82 a 32,55 L/dia), g/dia (0,82 a 1,24 g/dia), g/kg de matéria seca ingerida (17,36 a 22,78 g/kg de MS ingerida) e g/kg de matéria seca digestível ingerida (29,75 a 38,68 g/kg de MS digestível ingerida). Pela avaliação utilizando-se a técnica *in vitro* semi-automática de produção de gases, não houve diferença na produção cumulativa de gases (PCG) entre as silagens dos híbridos colhidas nos diferentes estádios de maturidade ($P > 0,05$). O potencial máximo de produção de gases das silagens de todos os híbridos reduziu com o avançar da maturidade da planta, sendo a variação encontrada de 259,32 a 279,96 ml/g de matéria seca (MS). Os valores das degradabilidades efetivas foram superiores para as silagens dos diferentes híbridos colhidas no estágio pastoso. Pela técnica *in situ*, foi observado para as silagens dos híbridos BRS 1035 e BRS 1001, maiores degradabilidades potenciais (DP) para as silagens colhidas no estágio farináceo-duro. Já para as silagens do híbrido BRS 1031, o maior valor da DP foi para a silagem obtida no ponto farináceo. Para a degradabilidade efetiva calculada à 2%/h a variação foi de 51,69 a 59,66%. Os dados relativos à degradabilidade ruminal da matéria orgânica apresentaram o mesmo comportamento que a degradabilidade da matéria seca. De acordo com os resultados obtidos nos diversos experimentos, para o híbrido BRS 1035, o estágio de maturidade recomendado para produção de silagem é farináceo-duro, já para o BRS 1031 seria o estágio farináceo, enquanto para o BRS 1001 o estágio pastoso.

Palavras-chave: calorimetria indireta, energia líquida, produção de gases, valor nutritivo, silagem de milho, estádios de maturidade.

ABSTRACT

The aim of this work was to evaluate the voluntary intake, apparent digestibility, partition energy, methane production, degradation kinetic and ruminal *in situ* degradability by sheep feeding the of the three corn hybrids (BRS 1035, BRS 1031 e BRS 1001) harvested at three maturation stages (soft dough, floury and hard-floury). The dry matter intake, in grams per metabolic weight (DIM/MW) ranged from 43.36 to 62,02 g/MW/day, and the animals feeding with silages of the hybrid BRS 1001 had major DIM/MW at floury stage ($P < 0,05$). The dry matter apparent digestibility (DMAP) ranged from 55.33 to 64.10%. The crude protein intake in grams per metabolic weight (CPI/MW) ranged from 2.39 to 4.27 g/MW/day. The neutral detergent fiber intakes in grams per metabolic weight ranged from 24.62 to 35.24g/WG/day. The values of neutral detergent fiber digestibility (NDFD) ranged from 42.20 to 56.07%, and didn't change with the maturity ($P > 0,05$) for all the hybrids. The intakes of gross energy (GEI), digestible energy (DEI) and metabolizable energy (MEI), in Kcal per kg of metabolic weight (MW), varied from 182.9 to 262.2, from 103.26 to 152.33 and 89.09 to 135.64, respectively, and the sheep feeding the silages of BRS 1035 hybrid harvested at the hard-floury stage showed highest GEI, DEI and MEI. For animals feeding with silages of the others hybrids, GEI, DEI and MEI didn't change among harvest periods. The intakes of net energy (NEI) for animals feeding silage of BRS 1035 hybrid at hard-floury stages showed higher value than the silage harvested at soft dough stage, and the silage harvested at floury stage don't differed from the previous ($P > 0.05$). The NEI of others hybrids didn't vary among harvest periods. The feces represented the major loss of energy (37.01% to 45.36% of GEI), followed by heat increment (9.590% to 35.56% of GEI), enteric methane production (4.88% to 6.88% of GEI) and urine (0.91% to 2.04% of GEI). The value of digestible energy (DE), metabolizable energy (ME) and net energy (NE), in Mcal/kg of dry matter intakes (DMI), ranged from 2.42 to 2.86, 2.12 to 2.54, and 0.61 to 1.56. The silage of BRS 1031 showed highest value of DE and ME at the soft dough stage, and the silages of hybrids BRS 1035 and BRS 1001 didn't change among harvested periods. The silage of BRS 1035 showed lower value of NE at the soft dough stage, and the silages of hybrids BRS 1031 and BRS 1001 didn't change among harvested periods. The consumption of oxygen and production on carbon oxide ranged from 23.0 to 32.06 L/MW and 21.05 to 27.43 L/MW, respectively. The methane production ranged from 1.15 to 1.74 L/MW, and did not differ with harvest periods. The heat production ranged from 113.62 to 155.84 Kcal/MW. The value of respiratory coefficient (RC) varied of 0.83 to 0.94. The methane production in liters for day (20.82 to 32.55 L/day), grams for day (0.82 to 1.24 g/day), grams for Kg of dry matter intake (17.36 to 22.78 g/kg of DMI) and grams for Kg of digestible dry matter intake (29.75 to 38.68 g/Kg of digestible DMI), don't change among the silages harvested at different stages. By evaluation utilizing the semi-automated *in vitro* gas production, after 96 hours of fermentation, don't change the gas production cumulative (GPC) among silages harvested periods for all hybrids, and values ranged from 254.18 to 282.05 ml/g of DM. The silages maximal degradation potential for all hybrids decreased with advanced maturity stages, and ranged from 259.32 to 279.96 ml/g of dry matter. The effective degradability values were highest to silages harvest at soft dough stage. By the ruminal incubation *in situ* technique, the silages of BRS 1035 and BRS 1001 hybrids showed highest potentials degradability (PD) from silages harvested at hard-floury stage. The silage of BRS 1031 hybrid showed higher of DP from silage harvested at stage floury. The values of effective degradability at 2%/h ranged from 51.69 to 59.66%. The values of organic matter ruminal degradability showed the same behavior of dry matter ruminal degradability. According to the results obtained in various experiments, for hybrid BRS 1035 the maturity stage recommended for silage is hard-floury, already for the BRS 1031 is the floury stage, while the BRS 1001 is soft dough stage.

Keywords: indirect calorimetry, net energy, gas production, nutritive value, corn silage, maturity stages.

CAPÍTULO I – INTRODUÇÃO GERAL

O Brasil possui o segundo maior rebanho bovino do mundo, sendo o maior rebanho comercial com cerca de 205 milhões de cabeças segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Nesse sentido, a bovinocultura de corte brasileira se destaca no cenário mundial, sendo o Brasil o segundo maior produtor de carne e o maior exportador mundial de carne bovina. Já na pecuária leiteira, o Brasil é o sexto maior produtor mundial, produzindo cerca de 29 bilhões de litros (IBGE, 2010).

Porém, no Brasil, a sazonalidade da disponibilidade de forragem constituiu um grande entrave para a produção animal, pois existe uma distribuição de forragem irregular ao longo do ano, alternando períodos de abundância com períodos de escassez, devido a fatores climáticos, principalmente no que diz respeito à distribuição de chuvas. Nesse contexto, o uso de forragem cultivada visa reduzir o efeito sazonal na produtividade e na qualidade das pastagens, aumentando a eficiência e a sustentabilidade produtiva e econômica da atividade pecuária.

Dentre os métodos de conservação de alimento, a ensilagem se destaca como boa opção de alimento volumoso, e consiste na fermentação anaeróbica das plantas forrageiras. O uso da técnica possibilita a obtenção de um material de boa qualidade nutricional durante os períodos de escassez de alimentos.

O milho se destaca como a forrageira mais utilizada para a produção de silagem. Em um levantamento de dados realizados com produtores e técnicos, Bernardes (2012) observou que o milho foi a espécie mais cultivada pelos produtores, correspondendo a mais de 50% das silagens produzidas.

A qualidade e o valor nutritivo de uma silagem dependem, fundamentalmente, da cultivar utilizada, tamanho de partícula, vedação rápida e eficiente do silo, do estágio de maturação no momento do corte e da natureza do processo fermentativo o que refletirá diretamente na composição química e, conseqüentemente, no desempenho animal. A determinação do momento ideal de colheita permite que se obtenha um material de alto valor nutritivo e com adequado valor de matéria seca, o que favorecerá os processos fermentativos lácticos.

A avaliação do valor nutritivo dos alimentos é um desafio constante para os nutricionistas. O valor nutritivo é convencionalmente classificado como a resultante da interação de três fatores: digestibilidade, consumo do alimento e eficiência alimentar. O valor potencial dos alimentos pode ser determinado mediante análise química, mas o valor real para os animais só pode ser conhecido depois de avaliadas as perdas inevitáveis durante a digestão, absorção e metabolismo. O balanço do material perdido na passagem pelo trato digestivo e conseqüentemente a digestibilidade dos nutrientes, é uma mensuração que serve para qualificação dos alimentos quanto ao seu valor nutritivo. As fezes não contêm somente material indigestível, mas também produtos metabólicos incluindo bactérias e perdas endógenas do metabolismo animal, sendo

considerada portanto como digestibilidade aparente o balanço entre alimento ingerido e produção fecal. Proteínas e lipídios sempre têm perdas fecais metabólicas. Porém, para fibra não há perdas endógenas metabólicas e a digestibilidade aparente é mais próximo da digestibilidade verdadeira.

Quando se trabalha com nutrição de ruminantes o objetivo maior é fornecer energia e nitrogênio para a potencialização da fermentação ruminal. Assim, o conhecimento da disponibilidade dos nutrientes no rúmen é fundamental para se estabelecer a máxima resposta. Dessa forma, os estudos sobre nutrição de ruminantes devem envolver a avaliação e interpretação da taxa de degradação dos alimentos no rúmen. Para tais avaliações, várias técnicas de pesquisa *in vivo* e *in vitro* são utilizadas.

O método de avaliação do valor nutricional dos alimentos por meio da incubação *in situ* no rúmen apresenta a vantagem de ser a melhor forma de simular o ambiente ruminal dentro de um sistema de alimentação, uma vez que os alimentos são expostos a temperatura, pH, tampões e enzimas semelhantes a realidade, porém não expõe os alimentos a todas as condições as quais os alimentos estão sujeitos quando ingeridos pelos animais como a mastigação, a ruminação e a passagem para outros compartimentos do sistema digestivo.

As metodologias *in vitro* baseadas na mensuração da produção de gases gerados pela incubação da amostra com inoculo ruminal mais tampões podem proporcionar avaliações das cinéticas de produção de gases e da degradação da matéria seca de diversos alimentos.

A determinação da energia dos alimentos é fundamental para a planificação de um sistema de alimentação que maximize a produção animal visando resultados econômicos do sistema de produção. A avaliação da energia dos alimentos por meio de calorimetria é importante porque esta não é uma porção física do alimento, da qual pode-se fazer uma análise para determinação química para a verificação da quantidade disponível no alimento para o animal. A energia é um atributo do alimento relacionado ao seu potencial de geração de trabalho e produção de calor.

Recentemente, a produção de metano tem assumido um papel significativo na produção animal, devido ao seu efeito indesejável no ambiente, incluindo sua contribuição para o aquecimento global. Dessa forma, precisa-se conhecer a contribuição dos ruminantes para a produção de metano a partir do tipo de alimentação que recebem.

Assim, objetivou-se com este estudo avaliar os valores de energia líquida através de medições respirométricas, degradabilidade “*in situ*” e a cinética de fermentação das silagens de três híbridos de milho em três diferentes pontos de corte.

REFÊRENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BERNARDES, T. F. Levantamento das práticas de produção e uso de silagens em fazendas leiteiras no Brasil 2012. Disponível em: <http://www.ufla.br/ascom/wp-content/uploads/2012/03/EBOOK-SILAGEM1.pdf>. Acessado em: 10 de janeiro de 2013.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Brasil. Produção da pecuária municipal 2009. Disponível em: http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia_visualiza.php?id_noticia=1761&id_pagina=1. Acessado em: 20 de abril de 2012.

CAPÍTULO II – REVISÃO DE LITERATURA

2.1. A cultura do milho

Segundo levantamento realizado pela Conab (2012), o milho (*Zea mays L.*) foi a segunda cultura em área plantada no Brasil na safra 2011/2012, sendo plantado 7,5 milhões de hectares na primeira safra, 7,6 milhões de hectares na segunda safra, totalizando cerca de 15,18 milhões de hectares. Com isso, em área plantada, o milho ficou atrás apenas da soja, com 25 milhões de hectares na safra 2011/2012. Para a produção de silagem, segundo Oliveira et al. (2010), estima-se que a área de milho plantada é de 1,2 milhões de hectares.

A sua distribuição geográfica é bastante ampla, variando entre 58° (latitude norte) e 40° (latitude sul). Quanto a necessidade pluviométrica, o milho se desenvolve em regiões com precipitações médias superiores a 600 mm, sendo críticos o período de germinação/emergência e o período compreendido pelos 15 dias que antecedem e que sucedem o florescimento da cultura, abrangendo o período de enchimento dos grãos. O milho apresenta uma tolerância térmica de 19° a 40° C para estabelecimento, mas assume-se como ótima a faixa compreendida entre 25° a 30° C, onde há condições ideais para o seu desenvolvimento, e geralmente apresenta menores taxas de crescimento em temperaturas superiores a 30° C. Quanto às condições de solo, o milho responde positivamente à redução da acidez do solo com melhor utilização dos nutrientes, e não suporta encharcamentos (Fancelli, 1986).

No cenário da agroindústria, o milho possui uma grande diversidade de utilização, tanto na alimentação humana quanto animal, podendo ser listados mais de 500 derivados. Estes podem ser fontes de fibra de boa qualidade (farelo de milho), energia (amido e óleo de milho) e proteína (protenose). Além desses, à partir da produção de etanol também são gerados uma grande quantidade de co-produtos que também podem ser fontes de fibra, energia e proteína (Pereira et al., 2009).

Assim, os objetivos do melhoramento do milho, durante muito tempo, foram direcionados por critérios agronômicos, como produção de grãos por hectare, resistência à pragas e doenças e também ao estresse climático (Michalet-Doreau e Doreau, 1999). Porém, com o aumento crescente do uso do milho para a produção de silagens em todo o mundo, criou-se a necessidade de seleção de genótipos específicos para a produção de silagens de alta qualidade nutricional. O uso de cultivares de milho graníferos para a produção de silagens pode resultar em materiais com características agronômicas indesejáveis, como o endurecimento precoce dos grãos e o conteúdo elevado dos constituintes de parede celular, reduzindo assim o valor nutricional das silagens (Pereira et al., 2009).

Dessa forma, na escolha de uma cultivar de milho para a produção de silagens, deve-se observar algumas características importantes. Assim, esse material deve apresentar alta porcentagem de grãos (Nússio, 1991), boa porcentagem de proteína, boa digestibilidade

da matéria seca (Nussio et al., 2001; Costa, 2000), elevada produtividade por hectare, altos teores de carboidratos solúveis e boa capacidade de consumo pelos animais (Oliveira et al., 1999). Assim, a qualidade dos grãos e da fração verde da planta (caule, folha e palha), combinada com o percentual de cada uma dessas partes na planta determina o valor nutritivo do material ensilado (Scapim et al., 1995).

Com o avançar da maturidade da planta, como ocorre para todas as forrageiras, a digestibilidade dos caules das silagens de milho reduzem drasticamente (Johnson et al., 1999). Russel (1986) avaliou o caule da planta de milho colhida durante três anos consecutivos, em três estádios de maturidade variando de três semanas pré à cinco semanas pós estágio fisiológico de maturidade, e observou redução dos teores de carboidratos não estruturais e da digestibilidade *in vitro* da matéria seca, porém houve aumento da concentração das frações fibrosas com o avanço da maturidade. Entretanto, o aumento da participação da porção de grãos na planta inteira com o avançar do estágio de maturidade, confunde a relação entre maturidade da planta e digestibilidade da silagem de milho da planta inteira.

Assim, apenas o conteúdo de grãos não é o fator determinante na escolha de uma cultivar para a produção de silagem, embora essa recomendação ocorra com frequência. Costa (2000), avaliando 12 genótipos de milho comercializados no mercado brasileiro, observou que a relação espiga:planta inteira variou de 39,17 a 48,45%. Dessa forma, a parte vegetativa da planta representa em torno de 50% da matéria seca total da planta, de forma que a digestibilidade da parte vegetativa tem uma grande influência sobre a qualidade nutricional da silagem (Irlbeck et al., 1993).

Quando algum fator climático ou mesmo de manejo da lavoura para silagem resulta em baixa produção de grãos, como por exemplo, déficit hídrico, a redução na produção de grãos é relativamente maior que a redução em produção de haste mais folhas, com consequente diminuição na porcentagem de grãos na matéria seca. Portanto, é importante considerar o valor nutritivo de haste e folhas na planta, na seleção de material para a produção de silagem. A qualidade das hastes e das folhas é o conceito mais recente introduzido em regiões com limitação climática, onde o máximo acúmulo de matéria seca na planta ocorre anteriormente à maturidade dos grãos (Daynard, 1978).

Dessa forma, a escolha do material para silagem deve ser criteriosa, levando-se em conta o ciclo e o tipo de cultivar, sua produção de grãos e massa seca, sua proporção de grãos, boa qualidade da fração verde, capacidade de consumo e digestibilidade dos nutrientes.

2.2 Produtividade

No Brasil, a escolha da cultivar de milho para silagem era baseada no porte alto e no alto potencial de produção de massa. Porém alguns aspectos relacionados ao valor nutricional dos materiais também devem ser levados em consideração na hora da

escolha da cultivar que será utilizada. Além desses aspectos nutricionais, a produtividade também deve ser considerada, já que, quanto maior for a produtividade, menor será o custo de produção.

Além disso, diversos fatores ligados às condições de cultivo como a temperatura, a umidade, a correção e a adubação do solo, interferem nessa produção, assim como alguns fatores genéticos e de adaptação de cada híbrido.

Almeida Filho (1996), avaliando 19 cultivares de milho, verificou rendimentos variando de 9,62 a 14,37 t/ha de matéria seca. Costa (2000), em um experimento realizado na Embrapa Milho e Sorgo, localizada em Sete Lagoas (MG), avaliou doze cultivares de milho e verificou produção de matéria seca variando de 10,11 a 14,78 t/ha.

Avaliando as características agronômicas e a produtividade das silagens de três híbridos de milho (BRS 1035, BRS 1031 e BRS 1001) colhidas em três idades de corte (87, 94 e 101), Veiga (2008) não observou diferença na produção de matéria seca por hectare entre as silagens das três cultivares colhidas aos 87 dias, sendo as produções observadas de 10,93, 10,09 e 10,95 toneladas/ha para as silagens dos híbridos BRS 1035, BRS 1031 e BRS 1001, respectivamente. Para as silagens colhidas aos 94 dias, a produção variou de 7,0 a 10,78 toneladas/ha. Para as silagens colhidas aos 101 dias, a produção foi de 7,51 a 10,78 toneladas. As silagens do híbrido BRS 1001 não apresentaram variação de produção entre os cortes. As silagens do híbrido BRS 1035 apresentaram maiores produções quando colhidas aos 87 e 101 dias. Já para as silagens do híbrido BRS 1031, a produção das silagens colhidas aos 87 dias foi semelhante a produção das silagens colhidas aos 101 dias, de forma que a produção das silagens colhidas aos 94 dias foi inferior das silagens colhidas aos 87 dias, porém foi semelhante as silagens colhidas aos 101 dias.

Beleze et al. (2003a) avaliaram cinco híbridos de milho em cinco estádios de maturação, e verificaram que houve um aumento na produção de matéria seca com o avanço do estágio de maturidade dos híbridos, devido principalmente ao aumento na produção de grãos, sendo que a produção máxima ocorreu aos 141 dias, com 17,24 toneladas por hectare.

Porém, o aumento da produtividade de uma cultivar sem o aumento concomitante da participação de espiga na massa total, pode reduzir a qualidade da silagem. Entretanto, nem sempre a maior produção de grãos confere melhor qualidade à silagem. A qualidade do grão e da fração verde determinam o valor nutritivo do material ensilado (Scapim et al., 1995).

No entanto, o rendimento de uma lavoura de milho é o resultado do potencial genético da semente, das condições do local de plantio e do manejo da lavoura. De modo geral, cada um desses fatores (semente e manejo) são responsáveis por 50 % do rendimento final. Conseqüentemente, a escolha correta da semente pode ser razão de sucesso ou de insucesso da lavoura. Assim, o uso de cultivares modernas de milho mais produtivas e

adaptadas às condições locais, tem sido apontado como responsável pelos maiores ganhos obtidos em produtividade. (Cruz et al., 2005).

2.3 Ponto de colheita

O momento de colheita da forragem deve estar relacionado ao estágio de desenvolvimento da planta, e conseqüentemente, ao seu valor nutritivo. Assim, de acordo com o estágio de desenvolvimento, a participação de cada tecido é alterada. Essas características apresentam altas correlações com os teores de fibra, lignina e de proteína bruta (PB), assim como com o coeficiente de digestibilidade “*in vitro*” da matéria seca (DIVMS). Os tecidos de baixa digestão correlacionam-se negativamente com o conteúdo de PB e com o coeficiente de DIVMS, e positivamente com os teores de fibra e de lignina, enquanto aqueles rapidamente digeridos mostram correlações positivas com a PB e com a DIVMS, e negativas com os teores de fibra e lignina. O espessamento da parede celular observado com a maturação dos tecidos vegetais resulta no incremento da concentração da fibra insolúvel em detergente neutro (FDN) em detrimento do conteúdo celular. Especialmente em gramíneas e pela natureza distinta de seus tecidos, o conteúdo de FDN é maior no caule em relação às folhas (Alves de Brito et al, 2003).

O estágio de colheita ótimo citado na literatura é definido como o momento em que há produtividade máxima de MS/ha e quando o teor de MS da planta proporciona boas condições de fermentação e conservação da silagem, sendo que este estágio corresponde ao farináceo-duro, ou seja, quando o teor de MS da planta varia entre 33 a 35%. Segundo Evangelista (1986), teores de matéria seca inferiores a 25% propiciam ambiente favorável à proliferação e ao desenvolvimento de bactérias produtoras de ácido butírico e também a perda de princípios nutritivos, por lixiviação, e intensa degradação de proteínas. Além disso, apresentam menor produção por hectare, redução no consumo de matéria seca, alto teor de nitrogênio amoniacal em relação ao nitrogênio total e baixo teor de grãos (Costa, 2000).

Já plantas com elevados teores de matéria seca (valores acima de 35 a 40%) apresentam maior perda na colheita, dificuldade na compactação do material no silo, aquecimento excessivo da massa ensilada e menor taxa de fermentação (Ferreira, 2001). Ocorrem ainda maiores perdas por quebra de caule no campo, perdas de folhas e queda de espigas. A dificuldade na compactação irá permitir a atividade de microorganismos aeróbios, levando ao aquecimento e oxidação de nutrientes (Xiccato et al., 1994).

Segundo Johnson et al. (1999), em meados da década de 60, foram realizados três estudos em vacas em lactação sobre o efeito da maturidade da planta de milho sobre a ingestão de matéria seca (IMS), digestibilidade da silagem de milho e produção de leite. Foram realizados dois estudos prolongados com vacas no início de lactação (20 semanas e 80 dias, respectivamente) alimentadas *ad libitum* com silagem de milho e

quantidades variadas de concentrado, de acordo com a exigência dos animais (Huber et al., 1965; Huber et al., 1968). Os conteúdos de proteína bruta e fibra bruta tenderam a reduzir e o nitrogênio livre aumentar à medida que a maturidade da silagem de milho e os teores de matéria seca aumentaram de 25,4 para 33,3% (Huber et al., 1965). O consumo de matéria seca ($p < 0,05$) e a produção de leite ($p < 0,08$) aumentaram com o aumento do teor de matéria seca da silagem (25,4 para 33,3%). A composição do leite, o ganho de peso dos animais e a digestibilidade aparente dos nutrientes não foram afetados significativamente (Huber et al., 1965). Com o avançar da maturidade da planta, os conteúdos de FDA e lignina reduziram quando os teores de MS variaram de 30 para 36%, e aumentaram quando os teores de MS aumentaram de 36 para 44% (Huber et al., 1968). A produção de leite e o consumo das silagens de milho tenderam a serem maiores para as vacas que consumiram silagens colhidas com 36% de MS em comparação às vacas alimentadas com silagens com teores de MS de 30 e 44% (Huber et al., 1968).

Alguns estudos indicam que a máxima resposta em produção de leite e IMS foram obtidas quando os teores de MS das silagens variaram entre 33 e 36% (Huber et al., 1965; Huber et al., 1968; St Pierre et al., 1987). Nesses estudos, foram utilizadas vacas de baixa produção de leite, em dietas com alta participação de forragem (silagem de milho) e baixa proporção de grãos nas silagens. A digestibilidade aparente da MS e a digestibilidade da energia não foram diferentes entre as vacas alimentadas com silagens de milho produzidas em diferentes pontos de maturidade (Buck et al., 1969; Huber et al., 1965; St Pierre et al., 1987). Os teores de fibra bruta (FB) e fibra em detergente ácido (FDA) foram mais baixos nas silagens produzidas com os teores de MS variando entre 33 e 36%. O consumo total de MS digestível e de nutrientes aumentou, embora a digestibilidade aparente da MS e dos nutrientes não diferiram (Huber et al., 1965; St Pierre et al., 1987).

Lauer (1999) sugere que o teor de MS da planta deve ser o critério utilizado apenas para confirmação do ponto ótimo da colheita para a ensilagem, sendo a evolução da linha de leite no grão o principal fator indicativo do momento de se iniciar as determinações dos teores de MS da planta inteira.

No entanto, o momento ideal para colheita deve acontecer nos estádios fisiológicos mais avançados, onde seja possível conciliar maior acúmulo líquido de biomassa, tanto de grãos como da planta toda, apresentando maior porcentagem de grãos/espigas, de forma que haja maior diluição da porção FDN por amido mantendo assim o NDT inalterado, além de maior teor de MS favorecendo o processo fermentativo e um maior consumo potencial pelos animais (Deminicis et al., 2009).

Em relação ao acúmulo de carboidratos com o avançar da maturidade, quando a colheita do milho foi realizado no ponto com a formação da linha negra, houve redução na digestibilidade total do amido em cerca de 5 e 9 unidades em relação as silagens colhidas nos pontos com a formação de dois terços e metade da linha do leite nos grãos, respectivamente (Bal et al., 1997; Harrison et al., 1996).

Harrison et al. (1996) e Bal et al. (1997) avaliaram a produção de leite e estimaram os teores de energia líquida para lactação de vacas alimentadas com silagem de milho colhidas em diferentes estádios de maturidade. Os dados encontrados por Bal et al. (1997) e Harrison et al. (1996) para produção de leite concordam com a redução da energia líquida para lactação de vacas alimentadas com silagens de milho colhidas em estádios muito avançados de maturidade., sendo o ponto em que começa haver redução na produção de leite e no conteúdo de energia líquida para lactação e ocorreu com as silagens de milho com teores de MS próximos a 35%, ou nos estádios de maturidade com metade a dois terços da linha do leite.

Blaser et al. (1969) citado por Nussio (1991), caracterizaram plantas de milho cortadas em diferentes estádios de maturidade, quanto ao teor de matéria seca, percentual de espigas na matéria seca, percentual de nutrientes digestíveis totais (NDT) na matéria seca e o consumo em relação ao peso vivo. Os pontos de colheita avaliados foram pré leitoso, leitoso farináceo, farináceo, farináceo-duro, duro vítreo e maduro, os teores de MS foram 22,4; 26,1; 31,9; 37,5; 46,8 e 54,4%, respectivamente. O percentual de espigas na MS foram 25,1; 42,8; 58,3; 65,4; 62,1 e 64,9% para as silagens colhidas nos pontos pré leitoso, leitoso-farináceo, farináceo, farináceo-duro, duro-vítreo e maduro, respectivamente. Os autores observaram que as silagens colhidas no ponto farináceo-duro apresentaram maior consumo pelos animais. Além disso, vale ressaltar que a digestibilidade da matéria seca e o NDT sofrem pequenas alterações com a evolução da maturação fisiológica. Isso pode ser explicado pela maior participação percentual do colmo na qualidade da planta nos estádios iniciais de maturação, Com o avançar da idade da planta, parte da fração de colmos é substituída por grãos, sendo que os grãos apresentam uma maior densidade energética e maior teor de matéria seca, enquanto o colmo passa a perder qualidade devido à lignificação da parede celular.

Lavezzo et al. (1997), avaliando quatro estádios de maturidade de híbridos de milho: grãos no ponto leitoso, no ponto pamonha, no ponto farináceo e grãos no ponto semi-duro, verificaram tendências nas reduções de folhas de 34,1 para 23,6% e de hastes de 33,3 para 27,1% e aumento percentual de espigas de 35,5 para 49,1%, à medida que as plantas foram colhidas com os grãos no estágio leitoso para o semi-duro.

Beleze et al. (2003b) avaliaram cinco cultivares de milho híbrido Pioneer, sendo o superprecoce 32R21 (P32R21), precoce 30R07 (P30R07), precoce 3041 (P3041), precoce 30F33 (P30F33) e semiprecoce 30F80 (P30F80). A colheita das amostras dos híbridos de milho foi adotada tentando obedecer cinco estádios de maturação da planta: 30, 34, 38, 42 e 46% de MS. Quanto à percentagem de espiga em relação à matéria seca da planta inteira, houve diferença ($p < 0,05$) entre híbridos e observou-se efeito linear para dias pós plantio (DPP) ($p < 0,05$). Foram observadas variações na proporção de espiga de 63,62 a 70,25% entre os híbridos, o menor valor foi para o híbrido semiprecoce P30F80 e o maior para o híbrido superprecoce P32R21. Os autores concluíram que os aumentos nos teores de matéria seca observados com o avanço do estágio de maturação dos híbridos correlacionaram-se positivamente com as percentagens de grãos e de espigas e negativamente com as percentagens de lâmina

foliar e colmo + bainha. Dentre os componentes estruturais, a maior participação foi da espiga, contribuindo em torno de 60 a 70% da matéria seca da planta inteira, entre os híbridos avaliados.

Veiga (2008) avaliando as silagens de três híbridos de milho (BRS 1035, BRS 1031 e BRS 1001) colhidas em três pontos de corte (87, 94 e 101 dias após plantio), observou alterações nas proporções dos tecidos (colmo, espiga e folha) com o avançar da maturidade do estágio fisiológico da planta. A proporção de colmos variou de 27,5% a 50,2%, para as silagens dos três híbridos de milho colhidos em três estádios, sendo que houve redução na proporção de colmos quando as silagens foram colhidas aos 101 dias. Quanto à proporção de espigas na planta, as silagens dos três híbridos apresentaram valores semelhantes nos três pontos de colheita (40,5; 35,8 e 41,3%; 49,8; 45,3 e 51,5%; e 49,5; 53,5 e 55,3% para as silagens dos híbridos BRS 1035, BRS 1031 e BRS 1001, colhidas nas idades de 87, 94 e 101 dias, respectivamente). As silagens de todos híbridos apresentaram valores semelhantes de proporção de folhas nos pontos de colheita avaliados.

Zopollatto et al. (2009) avaliaram seis híbridos de milho colhidos em duas safras. As datas de corte foram determinadas quando todas as parcelas de um mesmo cultivar atingiram por volta de 50% de florescimento masculino (50% das plantas com emissão do pendão), 15 dias após esta data e posteriormente, a cada semana, totalizando oito cortes. Assim, foram determinadas a produtividade de matéria seca da planta (kg MS/ha), produtividade de matéria seca do colmo (kg MS/ha) e a produtividade de grãos, com base na matéria seca (kg MS/ha). Foi observado que o teor médio de matéria seca da planta nas duas safras aumentou ($P < 0,05$) com o avanço da época de corte, passando de 15% MS no primeiro corte para aproximadamente 46% de MS no oitavo corte. A porcentagem de MS da planta, de 32 a 35%, recomendada para ensilagem foi atingida 98 a 112 dias após semeadura (DAS) na safra 2001/2002, e 94 a 105 DAS na safra 2002/2003, correspondentes ao quinto e sexto cortes, com exceção do híbrido CO 32, que atingiu teor adequado entre quarto e quinto cortes (92 a 102 DAS). Os teores médios de MS (%) do colmo aumentaram ($p < 0,05$) com o avanço da maturação, e na maioria dos cortes foram maiores ($p < 0,05$) na safra 2001/2002. A porcentagem de MS do colmo quando a planta atingiu 32 a 35% de MS foi de 23 a 25% na primeira safra e 20 a 23% na safra 2002/2003. O avanço da maturação ocasionou aumento ($p < 0,05$) da produtividade de MS da planta (MS), com as maiores produções ($p < 0,05$) observadas na safra 2002/2003 na maioria dos cortes. No ponto de ensilagem (planta com 32 a 35% MS), as produções variaram em média de 15.165 a 20.762 kg MS/ha. À medida que a planta avançou em desenvolvimento, a produtividade de grãos aumentou ($p < 0,05$) atingindo produções no ponto de ensilagem (5º e 6º corte) de 4.674 a 6.040 kg MS/ha na safra 2001/2002, e 6.510 a 7.745 kg MS/há na safra 2002/2003. Assim, os autores concluíram que o avanço da maturação ocasiona aumento dos teores de MS da planta e do colmo, da produtividade de MS da planta e da produtividade de grãos. No entanto, o aumento no teor de MS da planta não resulta em maiores ganhos em produtividade de MS da planta e do colmo nem em maior produtividade de grãos. A ocorrência de características agrônomicas distintas entre os híbridos requer a avaliação individual do

momento ideal de corte da planta para ensilagem, visando atingir o potencial máximo de cada híbrido. Portanto, somente com muito critério plantas colhidas em estádios fisiológicos diferentes podem ser comparadas quanto à participação das frações, uma vez que a época de corte pode alterar significativamente a composição da planta.

Segundo Émile e Barrière (1992), a seleção de genótipos com melhor equilíbrio entre colmos, folhas e espigas resulta na melhora do valor nutritivo das silagens. Deste modo, a recomendação das variedades que apresentam maiores índices de produtividade e qualidade da forragem irá refletir em eficiência da produção animal. Demarquilly (1994) ressaltou que as frações colmos e folhas são de grande importância e, quando a quantidade de grãos entre duas variedades é próxima, é preferível optar pela variedade que apresenta mais folhas, pois resultará em aumento na quantidade de matéria seca com maior valor energético.

Para Nussio et al. (2001), o enchimento do grão e a perda de digestibilidade dos componentes da haste são eventos concomitantes, e observa-se mínima variação na digestibilidade da MS com o aumento no teor de MS na planta, desde o estágio de grãos leitosos até o de grãos duros.

Os valores de digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) das silagens e dos rolões de três híbridos de milho BRS 1035, BRS 1031 e BRS 1001 em quatro idades de corte (87, 94, 101 e 171 dias após plantio) foram determinados por Veiga (2008). Os valores de DIVMS variaram de 57,50 a 63,66%, de forma que para o híbrido BRS 1035, o maior valor de DIVMS observado foi para a silagem colhida aos 87 dias. Para o híbrido BRS 1031, as silagens obtidas aos 101 dias apresentaram menor valor de DIVMS, enquanto para o híbrido BRS 1001, as silagens colhidas aos 87 e 94 dias apresentaram maior DIVMS.

Dessa forma, com o avançar da maturidade o milho não diminui seu valor nutritivo como a maioria das gramíneas, não apresentando queda de sua digestibilidade. Isto se deve ao aumento da fração de grãos que apresentam melhor valor nutritivo, compensando assim a perda de qualidade nas folhas e do colmo ocorrida devido a translocação de carboidratos solúveis destes para os grãos.

2.4 Consumo e digestibilidade aparente

Os mecanismos envolvidos na ingestão de alimentos são altamente complexos, sendo vários os sinais responsáveis por essa regulação, sejam esses sinais periféricos ou de origem do sistema nervoso central, onde o hipotálamo é a principal região do sistema nervoso central envolvido no controle do consumo alimentar (Della-Fera e Baile, 1984). Assim, O consumo é regulado por mecanismos físicos, químicos e metabólicos, neuro-hormonais e também pela ingestão de água (Coelho da Silva, 2006). Segundo Conrad et al (1964) fatores físicos e fisiológicos regulam a ingestão de alimentos e esses fatores diferem de acordo com a digestibilidade da dieta. Dietas de baixa digestibilidade se

correlacionam mais com fatores físicos, já dietas de alta digestibilidade da matéria seca se correlacionam mais aos fatores fisiológicos. Os fatores físicos estão relacionados com a degradação do alimento e com o fluxo da digesta pelo rúmen e outras partes do trato gastrointestinal.

Para Van Soest (1965), o consumo de matéria seca de forragens está correlacionado com o teor de FDN, e esse seria o melhor componente para prever o consumo pelos ruminantes. Assim, para forragens com digestibilidade da matéria seca inferior a 66,7%, o fator enchimento exerce maior influência sobre o consumo; enquanto que para forragens muito digestíveis (acima de 66,7%) o mecanismo fisiológico passa a assumir o papel principal no controle da ingestão de alimento. Portanto, a demanda energética do animal define o consumo em dietas de alta densidade energética, ao passo que a capacidade física do trato gastrointestinal determina o consumo de dietas de baixo valor nutritivo e baixa densidade energética. Segundo Mertens (1994), o efeito de enchimento do rúmen varia com o tamanho inicial da partícula, sua fragilidade à trituração e a sua taxa e a extensão da digestão da FDN. Já os teores de FDA estão relacionados com alterações nos teores de digestibilidade das forrageiras (Van Soest, 1994).

Dessa forma, o consumo é o componente de maior influência na determinação da qualidade de uma forragem, que é definida a partir de seu valor nutritivo e do consumo voluntário potencial, sendo que a ingestão é influenciada pelo tipo de forragem, composição química e digestibilidade. Geralmente o consumo de silagens é menor do que forragens frescas, devido ao maior teor de umidade e aos produtos oriundos da fermentação (ácido butírico, ácido acético, amônia, entre outros). O consumo de silagens varia de 20 a 75 gramas por unidade de tamanho metabólico (McDonald et al., 1991).

Para que um alimento tenha então um bom valor nutricional, é necessário que, além de um bom consumo voluntário, tenha-se também uma boa digestibilidade dos nutrientes. A digestibilidade aparente dos nutrientes de um determinado alimento então, é definida como a proporção daquele nutriente que foi ingerido que não foi excretado nas fezes, não considerando assim as secreções endógenas, contaminação por microrganismos e descamação de epitélio que estão presentes nas fezes. Segundo Minson (1990), essa matéria metabólica fecal está relacionada ao consumo, variando de 0,098 a 0,129 g/g de matéria seca ingerida. Como não há produção endógena da porção fibrosa no organismo, nesse caso a digestibilidade aparente e verdadeira são iguais (Teixeira, 1997).

Freitas (2002) avaliou o consumo e a digestibilidade aparente das silagens de cinco genótipos de milho em ovinos e observou variações de 54,86 a 67,00 g/UTM/dia de consumo de MS, 61,50 a 63,93% de digestibilidade aparente da MS, 4,24 a 5,19 g/UTM/dia de consumo de PB, 55,46 a 59,37% de digestibilidade aparente da PB, 25,39 a 31,68 g/UTM/dia de consumo de FDN, 34,96 a 46,04% de digestibilidade da FDN.

Ribas (2006) avaliou os consumos voluntários e as digestibilidades aparentes das silagens de quatro híbridos de milho (SHS 4040, QPM 129, AG 1051 e BRS 3060) com diferentes graus de vitreosidade e com perfil de aminoácidos modificado em ovinos adultos castrados. Os consumos de matéria seca em g/unidade de tamanho metabólico (g/UTM) estiveram entre 61,17 (SHS 4040) a 68,10 g/UTM/dia (QPM 129). As digestibilidades aparentes da matéria seca (DAMS) variaram de 64,54 a 70,69%. Os valores de consumo de proteína bruta em g/dia e em g/UTM/dia foram de 81,22 a 96,65 g/dia e 4,55 a 5,04 g/UTM/dia, respectivamente, para os híbridos BRS 3060 e AG 1051. Para a digestibilidade aparente da proteína bruta os valores oscilaram entre 46,49 a 59,02%. Em relação às frações fibrosas, o consumo de FDN e FDA por unidade de tamanho metabólico (UTM) variaram de 26,53 a 34,53 g/UTM/dia e 14,80 a 18,90 g/UTM/dia, respectivamente. A digestibilidade da FDN variou de 38,61 a 62,41%, enquanto da FDA oscilou entre 43,11 a 64,44%.

Avaliando a digestibilidade de silagens elaboradas com dois cultivares comerciais de milho sendo o AG 1051 de textura dentada e o AG 2020 de textura semidura, cortados a 20 cm e a 40 cm de altura, Rossi Júnior et al. (2006) observaram que a digestibilidade da matéria seca para as silagens dos híbridos de textura dentada e de textura semidura não diferiram estatisticamente para as plantas colhidas aos 20 cm de altura ($p < 0,05$). Entretanto, apresentou digestibilidade de matéria seca superior para a silagem do híbrido de textura dentada (73,55%) quando comparado a silagem do híbrido de textura semidura (63,59%), quando cortados a 40 cm do solo ($p < 0,05$). O mesmo comportamento ocorreu com a digestibilidade aparente da proteína bruta (variando de 51,80 a 65,83%) e a digestibilidade da fibra em detergente neutro (variação de 51,44 a 68,05%) ($p < 0,05$). As digestibilidades da fibra em detergente ácido das silagens dos híbridos, em ambas alturas de corte, não diferiram estatisticamente entre si ($P > 0,05$), sendo que os valores oscilaram entre 46,90 a 56,19%.

Os valores das digestibilidades dos nutrientes são importantes, pois diferenças expressivas na digestibilidade da MS da fração volumosa dos híbridos de milho, podem certamente levar a diferenças de consumo de MS e energia digestível, por animais cujo consumo esteja limitado pelo efeito de enchimento da dieta (Prada e Silva *et al.*, 1999).

2.5. Técnica de degradabilidade *in situ*

Esta metodologia de pesquisa foi desenvolvida inicialmente por Quin et al. (1938) usando sacos de náilon suspensos no rúmen com o material a ser estudado. Posteriormente, Mehrez e Orskov (1977) retomaram e divulgaram o método, propondo um modelo exponencial de desaparecimento em diferentes tempos. Dessa forma, estudando diferentes técnicas de análise de alimentos para ruminantes, Hurtington e Gives (1995), relataram alta correlação entre técnicas “*in vivo*” e “*in situ*”.

A técnica “in situ” possui a vantagem de ser menos trabalhosa e menos onerosa se comparada à técnica “in vivo”, além de utilizar um menor volume de amostra e descrever a degradabilidade ruminal do alimento (Nocek, 1988). Uma desvantagem dessa técnica seria a necessidade de animais canulados no rúmen. As cânulas são implantadas por meio de procedimentos cirúrgicos, para que se possa ter acesso ao conteúdo do rúmen, possibilitando a coleta de amostras ou a introdução de material.

Existem dois tipos de interesse no que diz respeito à avaliação da digestibilidade de uma forragem, sendo o primeiro a necessidade de se comparar diferentes forrageiras, considerando-se que a mais digestível irá apresentar maior retorno produtivo dos animais, e o segundo a formulação de modelos mecânicos que expressem o fenômeno considerando os fatores inerentes ao alimento oferecido (Sampaio, 1997).

Existem várias condições experimentais que efetivamente influenciam na avaliação da digestibilidade *in situ*. Dentre estas podem-se destacar os efeitos do tamanho das partículas, dos poros do tecido dos sacos, o posicionamento do material no rúmen, quantidade de alimento nos sacos, lavagem prévia à incubação, hora de incubação, frequência de alimentação, espécie animal, etc (Huntington e Givens, 1995). Condições insatisfatórias para o desenvolvimento da microbiota ruminal podem alterar o modelo proposto (Barbosa, 1996). Segundo Nocek (1988), a dieta é o maior fator que determina a quantidade e os tipos de microrganismos e portanto a taxa e a extensão da digestão dos nutrientes da dieta.

A porosidade apropriada é aquela que permite um ajuste entre limitar o influxo de conteúdo ruminal e permitir o influxo da microbiota ruminal para degradar o alimento a ser testado, porém não deve permitir a saída de partículas do alimento (Nocek, 1988). O tamanho adequado dos poros é difícil de se determinar, e depende do tamanho da partícula da amostra e da natureza do alimento a ser estudado. A perda de partículas não degradadas superestima a degradabilidade, além disso, o aumento da porosidade favorece o influxo de partículas finas da digesta subestimando a degradabilidade do material (Huntington e Givens, 1995). Nocek (1988) sugere que o tamanho ideal dos poros deve estar entre 40 e 60 μm . Segundo Maurinucci et al., (1992) poros muito pequenos podem dificultar a saída do material criando um microambiente dentro do saco, com menor valor de pH, inibindo a ação de bactérias celulolíticas.

Assim, Vazant et al. (1998) sugerem que existe uma interação entre a moagem da amostra e a porosidade dos sacos. Para volumosos, Nocek (1988) recomenda a moagem das amostras a 5mm para que haja maior uniformidade da amostra. Já Vazant et al. (1998) recomendam que a moagem das amostras seja feita passando-a por peneiras entre 1,5 e 3,0 mm para concentrados e 1,5 a 5,0 mm para volumosos.

A quantidade de amostra incubada deve oferecer quantidades suficientes de resíduos para que sejam realizadas as análises químicas, e também, de modo que os sacos de náilon não fiquem muito repletos atrasando assim o ataque bacteriano (Nocek, 1988). Huntington e Givens (1995) sugerem a relação de 16 mg/cm^2 , desde que as amostras

não contenham alto teor de umidade. Já Nocek (1988) e Vazant et al. (1998) sugerem que o limite na relação entre quantidade de amostra e área superficial seja de 10 a 20 mg/cm² para a maioria dos volumosos e concentrados. Quando a quantidade de amostras aumenta muito em relação a superfície do saco, ocorre uma compactação dos alimentos restringindo a chegada de fluido ruminal e seu contato com as partículas do alimento, reduzindo assim a taxa de digestão (Nocek, 1988).

Outro fator que pode afetar a degradabilidade *in situ* dos alimentos é o posicionamento dos sacos incubados. Huntigton e Givens (1995) citam que a restrição dos movimentos dos sacos no rúmen pode subestimar o desaparecimento do material. Além disso, a incubação dos sacos nas regiões mais aquosas do rumen, como no saco ventral seria a mais eficiente, pois neste local as bactérias estariam na fase aquosa facilitando a colonização do substrato.

A seqüência de incubação também pode influenciar as taxas de digestão. Segundo Vazant et al. (1998) a incubação de sacos em diferentes horários submeteria-os a diferentes condições de ambiente ruminal, alterando os valores de degradação. Além disso, a ordem em que as amostras são incubadas também pode interferir no resultado. Dessa forma, Nocek (1985) comparou a degradabilidade quando todos os sacos foram colocados no rúmen ao mesmo tempo e retirados em determinados horários, em relação a degradabilidade quando os sacos foram colocados em seqüência inversa e retirados todos ao mesmo tempo. Assim, o autor observou que o primeiro procedimento apresentou menor coeficiente de variação e lentas taxas de degradação. Porém, caso os sacos não sejam colocados ao mesmo tempo dentro do rúmen, eles não serão submetidos às mesmas condições de degradação.

A avaliação da degradação da proteína bruta deve ser feita de forma criteriosa, devido ao fato de que os resíduos de microorganismos aderidos na amostra incubada afetam o valor de degradabilidade do nitrogênio, principalmente quanto à fração lentamente degradável. Dessa forma o procedimento de lavagem dos sacos visa interromper a atividade microbiana, além de remover toda a digesta ruminal e o resíduo microbiano (Wilkerson et al., 1995). Assim, diferentes metodologias de lavagem tem sido utilizadas, como a lavagem manual em água corrente até que água saia límpida, ou a lavagem mecânica em máquina com tempos oscilando entre 2 a 15 minutos (Doreau e Ould-Bah, 1992).

Os tempos de incubação a serem determinados são dependentes da taxa de degradação esperada para o material a ser incubado, sendo que os intervalos devem estar entre 5 e 96 horas, com pelo menos 3 pontos entre eles (Sampaio, 1997).

Segundo Mertens (1993), o modelo matemático deve representar os conceitos biológicos para os processos descritivos. Sampaio (1997) sugere que os modelos não lineares com menor número de parâmetros devem ser preferidos. Sampaio (1988), comparando modelos que descrevem a degradação ruminal, observou que o modelo proposto por Orskov e McDonald (1979) foi o modelo mais eficiente.

O modelo de Orskov e McDonald (1979) é o mais utilizado para descrever a degradação potencial (DP) do alimento, $DP = a + b * [1 - \exp^{-ct}]$

Em que,

“a” é a fração imediatamente solúvel;

“b” é a fração potencialmente degradável sob ação da microbiota, que seria degradada a uma taxa “c”;

“c” é a taxa constante de degradação do material potencialmente degradável por ação da microbiota (b);

“t” é o tempo de incubação no rúmen;

Como a taxa de passagem afeta a degradação no rúmen, Orskov e McDonald (1979) desenvolveram um modelo dinâmico incluindo a taxa de passagem (k), determinando assim a degradabilidade efetiva (DE):

$$DE = S + [(b*c)/(c+k)]$$

Em que,

“S” é a percentagem solúvel em água do material obtido pela lavagem dos sacos;

“k” é a taxa fracional de passagem;

“b” e “c” são os mesmos parâmetros da equação anterior.

McDonald (1981) sugere a existência do tempo de colonização das partículas no rúmen, onde a estimativa do tempo de colonização (lag) é calculada da seguinte forma:

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

Sendo a, b, c e S os mesmos parâmetros citados anteriormente, e a' e b' constantes da equação de degradabilidade potencial (Orskov, 1997).

Segundo Vazant et al. (1998), a falta de padronização da técnica adotada por todo mundo é responsável pela baixa repetibilidade dos resultados entre laboratórios, o que leva a dificuldade de se comparar resultados encontrados entre os diversos experimentos.

Johnson et al. (2003) determinaram a taxa e extensão da degradação ruminal das silagens do híbrido de milho Pioneer 3845 colhido em três estádios de maturidade

(farináceo, um terço da linha do leite e dois terços da linha do leite), submetidos ou não a um processamento mecânico (a silagem processada, foi colhida com a colheitadeira apresentando espaçamento entre os rolos de processamento dos grãos de 1mm, enquanto no material não processado o espaçamento foi de 15,9 mm), pela técnica de incubação ruminal *in situ*. Os autores observaram que as silagens submetidas a processamento obtiveram maior desaparecimento ruminal da matéria seca em relação às silagens não processadas ($p < 0,05$) (69,3 e 67,1%, 69,5 e 68,2%, 67,8 e 66,2%, para as silagens que sofreram processamento e não sofreram processamento, nos pontos farináceo, um terço da linha do leite e dois terços da linha do leite, respectivamente). A taxa de desaparecimento da matéria seca foi semelhante entre os materiais processados e não processados com o avançar da maturidade (3,46 a 4,00 %/h). Além disso, foi observado que a taxa e extensão (desaparecimento com 96 horas de incubação) foi semelhante entre os estádios de maturidade, embora nos tempos iniciais de incubação ruminal (8, 16, 24 e 48 horas de incubação), a silagem colhida no estágio mais avançado de maturidade (dois terços da linha do leite) apresentou menor desaparecimento da matéria seca. Não foi observada diferenças no desaparecimento da FDN entre os estádios de maturidade da planta.

Avaliando a degradabilidade ruminal *in situ* das silagens de quatro híbridos de milho com diferentes graus de vitreosidade e com perfil de aminoácidos modificado, Pôssas (2007) observou que para o híbrido de milho com grãos dentados (AG 1051) houve maior potencial máximo de degradação da matéria seca (77,88%), maior fração solúvel (36,52%), maior degradabilidade efetiva e menor taxa constante de degradação (3,1%/h). Além disso, a cultivar de grãos dentados apresentou maior potencial máximo de degradação e maior degradabilidade efetiva do amido.

Dessa forma, a partir da técnica de degradabilidade ruminal *in situ*, pode-se avaliar a extensão de degradação dos nutrientes dos alimentos no rúmen, assim como suas taxas de degradação, de forma que se possa avaliar a disponibilidade dos nutrientes no rúmen para melhor balanceamento das dietas e seleção de cultivares que apresentem melhor disponibilidade de nutrientes no rúmen, com conseqüente melhor aproveitamento pelos animais.

2.6 Técnica *in vitro* semi-automática de produção de gases

Diversas metodologias “*in vitro*” foram desenvolvidas com o intuito de prever a digestibilidade dos alimentos em ruminantes, sendo que a metodologia de dois estágios de Tilley e Terry (1963) ainda é utilizada nos dias de hoje com algumas modificações, por ser uma técnica com relativo baixo custo, boa precisão nos resultados e eficiente para ser utilizada em ensaios de digestibilidade que envolvem grande número de amostras.

A técnica de Tilley e Terry (1963) simula os dois estágios da digestão que ocorre em ruminantes. Em um primeiro momento, as amostras são submetidas a um período de fermentação de 48 horas com líquido ruminal e saliva artificial (McDougall, 1948) e posteriormente mais 24 horas de digestão com ácido clorídrico e pepsina, simulando a ação gástrica do abomaso.

A técnica *in vitro* semi-automática de produção de gases (Maurício et al., 1999) é um sistema desenvolvido a partir de adaptações feitas à técnica manual de produção de gases desenvolvida por Theodorou et al. (1994). A técnica semi-automática utiliza equações de regressão entre a pressão interna dos frascos e o volume de gases produzidos por um substrato, para estimar o volume através da pressão obtida pelo transdutor. Estas, quando adaptadas, tornaram a técnica mais precisa e mais rápida (Maurício et al., 2003) para a avaliação nutricional dos alimentos.

Segundo Mauricio et al., (1999) a técnica é capaz de fornecer dados não apenas da taxa e extensão da degradação, mas também da eficiência da fermentação e da cinética de fermentação. A técnica *in vitro* semi-automática de produção de gases pode auxiliar na seleção de genótipos superiores, comparação de substratos com diferentes quantidades de carboidratos solúveis (Noguera et al., 2004), além de avaliar princípios anti-nutricionais (Khazall et al., 1994). Diversos fatores podem afetar a eficiência da técnica de produção de gases, como a preparação da amostra, a qualidade do fluido ruminal, a temperatura e a pressão e o potencial de hidrogênio.

A preparação da amostra envolve um serie de fatores que devem ser considerados. A padronização do tamanho da partícula é de extrema importância. A moagem em um tamanho de partícula menor eleva a superfície de contato entre o microrganismo e o substrato, favorecendo a degradação microbiana. A maioria dos trabalhos envolvendo a técnica de produção de gases recomenda que o substrato seja moído em peneira de 1 mm (Menke et al., 1979; Pell e Schofiel, 1993; Theodorou et al., 1994; Mauricio et al., 1999). A temperatura de secagem da amostra pode causar grande influência na avaliação do alimento. Temperaturas de secagem muito altas podem levar a complexação de aminoácidos (principalmente a lisina) com açúcares redutores (reação de Mailard) diminuindo a solubilidade da fração nitrogenada e, conseqüentemente, a sua disponibilidade para os microorganismos do meio, subestimando a degradabilidade real do alimento testado.

O líquido ruminal contém os microorganismos (bactérias, protozoários e fungos) que serão responsáveis pela degradação do substrato, portanto deve-se tomar o máximo de cuidado para preservá-los no intervalo entre a retirada do inoculo do rúmen até a inoculação durante o experimento. A composição do líquido ruminal pode variar dependendo do dia, da hora, do tipo de animal e da dieta recebida pelo doador (Schofield, 2000). Segundo Williams (2000) os microorganismos presentes no líquido ruminal após 24 horas de coleta são menos ativos do que aqueles coletados duas horas após a refeição. Menke e Steingass (1988) recomendam que o líquido ruminal seja

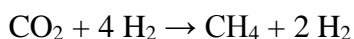
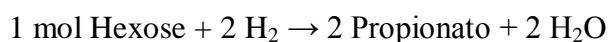
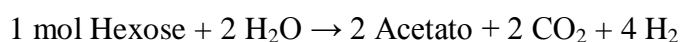
coletado antes da refeição do animal. Esta metodologia tem sido adotada por vários autores (Blummel e Orskov, 1993; Pell e Schofield, 1993; Theodorou et al., 1994).

A proporção de diluição do líquido ruminal com a solução tampão antes do inoculação também pode afetar a resposta de produção de gases. Segundo Tilley-Terry (1963), meios de cultura contendo de 20% a 25% de líquido ruminal apresentam os melhores resultados. Pell e Schofield, (1993) pesquisaram o efeito da proporção líquido ruminal/meio e recomendaram a proporção de 20% de líquido ruminal. Hidayat et al., (1993) incubando diferentes forrageiras encontraram aumentos nas taxas de produção de gases em resposta ao incremento da densidade bacteriana.

De acordo com Mould et al. (2005), diferenças na composição da solução tampão (proporção fosfato:bicarbonato) e na proporção dos produtos finais oriundos da fermentação podem afetar a produção de gases, reduzindo assim a acurácia na determinação da cinética de degradação dos alimentos.

A fermentação dos alimentos no rúmen tem como função principal produzir ácidos graxos voláteis (AGV), que são a fonte energética para os ruminantes, e servir como substrato para a microbiota ruminal. A técnica de produção de gases mede apenas a quantidade de substrato utilizada para a produção de AGV e outros gases, não levando em consideração a quantidade de substrato utilizado no crescimento microbiano (Getachew et al., 2004). Para Fondevila e Barrios (2001), o volume de gases depende da quantidade e proporções de AGV produzidos, sendo esses parâmetros inversamente relacionados com a síntese microbiana.

A energia necessária para promover o crescimento dos microorganismos ruminais é originada principalmente da fermentação dos carboidratos, gerando acetato, propionato e butirato (Wolin, 1975). As técnicas *in vitro* de produção de gases medem os gases gerados pela 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 reações estequiométricas da fermentação das hexoses foram descritas por Hungate (1996):



Uma das principais limitações da técnica, é que ela se baseia apenas na produção de gases pelo inoculo a partir dos alimentos incubados. Assim, substratos que permitem um maior crescimento microbiano no rúmen, terão produções de gases menores do que aqueles que apenas geram manutenção da população microbiana. Dessa forma,

Blümmel et al. (1997) afirmaram que há uma relação inversa entre a produção de gases e a produção de microorganismos.

Outro fator importante está relacionado ao tipo de fermentação do material incubado. Alimentos que favorecem maior produção de acetato em relação ao propionato tendem a apresentar uma maior produção de gases, devido ao fato da via de produção de acetato levar a produção de metano, enquanto a de propionato não. Porém, alimentos que geram uma maior produção de propionato, mesmo apresentando uma menor produção de gases *in vitro*, possuem maior valor nutricional para os animais, já que ele é melhor utilizado em relação ao acetato.

Assim, para uma correta interpretação dos resultados é fundamental o ajuste dos dados ao modelo utilizado para descrever a cinética da fermentação ruminal (Fondevilla e Barrios, 2001), sendo que diferentes modelos matemáticos não lineares, exponenciais ou sigmóides, uni ou multi-compartimentais têm sido propostos para estimar os parâmetros de degradação por meio das curvas de produção de gases, todos apresentando vantagens e desvantagens de ajuste dependendo das condições experimentais e do tipo de substrato avaliado (Noguera et al., 2004). A escolha do modelo depende do ajuste obtido às características do alimento avaliado, o que varia entre diferentes forrageiras, concentrados e subprodutos (López et al., 2011; Sahin et al., 2011).

A cinética da produção cumulativa de gases pode ser descrita empregando-se o modelo matemático unicompartmental de France et al. (1993):

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

em que,

Y = produção acumulativa de gases (ml);

A = máxima produção acumulada de gases (ml);

L = é a tempo de colonização (h);

b (h⁻¹) e c (h^{-0,5}) = taxas fracionais constantes;

t = tempo (h).

A taxa fracional média (h⁻¹) de produção de gases (μ) foi calculada como:

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

em que,

μ = taxa de produção de gases (h^{-1}); sendo os demais termos definidos anteriormente.

2.7 Metabolismo energético nos ruminantes

À partir da oxidação dos constituintes orgânicos dos alimentos de uma determinada dieta, a energia é liberada para ser utilizada pelo organismo do animal em diversos complexos metabólicos, como a atividade muscular, produção de calor para manutenção da temperatura corporal, bem como para a produção. Dessa forma, segundo Resende et al. (2011), a energia não é considerada um nutriente.

Dessa forma, cada nutriente que compõe um alimento tem uma capacidade diferente de gerar energia, sendo que a energia liberada após a combustão completa de uma substância em bomba calorimétrica é conhecida como energia bruta (EB). Assim, a combustão completa da glicose pode gerar 3,7 Mcal/kg, a celulose 4,2 Mcal/kg, o óleo vegetal 9,3 Mcal/kg e as proteínas 5,6 Mcal/kg (Lawrence e Fowler, 2002). Sendo que as plantas forrageiras são compostas principalmente de carboidratos, a energia bruta resultante de sua combustão fica em torno de 4,1 Mcal/kg, de forma que a grande variabilidade na digestibilidade dos alimentos torna esse valor pouco representativo para ser utilizado na formulação de dietas (Chwalibog, 2004).

Porém, as fezes dos animais são constituídas de resíduos indigestíveis dos alimentos, material celular endógeno, secreções glandulares e bactérias de origem ruminal, entre outros. Parte da proteína presente nas fezes não é originária da proteína indigestível dos alimentos, mas sim da proteína microbiana originada no rúmen, assim como parte dos carboidratos (Blaxter, 1962). Dessa forma, nem toda energia consumida é de fato aproveitada pelo animal, sendo assim, a energia bruta contida nas fezes pode ser subtraída da energia bruta ingerida, originando a energia aparentemente digestível (ED). Segundo Blaxter (1962), para dietas de ruminantes, a perda de energia nas fezes representa de 10 a 70% da energia bruta ingerida. Perdas fecais pequenas estão associadas com altas concentrações de carboidratos não fibrosos, como açúcares, amido e frutanas. E maiores perdas fecais estão associadas com a presença de grandes quantidades de carboidratos fibrosos, como celulose e hemiceluloses (Van Soest, 1994). Entretanto, deve ser enfatizado que a digestibilidade de determinado nutriente varia com o tipo de alimento em que o mesmo está contido.

Entretanto, a energia que realmente é absorvida no intestino corresponde a energia aparentemente digestível, subtraindo-se a energia perdida na urina, como também a energia perdida na forma de gases provenientes da fermentação dos alimentos pelos microrganismos ruminais. A energia perdida na urina compreende a energia dos compostos absorvidos e não utilizados, os produtos finais dos processos metabólicos e os produtos de origem endógena. Assim, o resultado da extração dessas perdas energéticas (gases e urina) do valor da energia aparentemente digestível, tem-se a energia metabolizável (EM) (Resende et al., 2011). Em média, a EM corresponde a

aproximadamente 82% da energia digestível (NRC, 2001), mas é variável de acordo com a dieta e a espécie (bovinos: 0,81; ovinos: 0,73 e caprinos: 0,86) (Resende *et al.*, 2011).

A energia metabolizável pode ser utilizada pelo animal, para a sua manutenção e para a produção de carne, leite e lã, ou pode ainda ser utilizada para produção de calor. Essa energia metabolizável deve atender as demandas básicas do animal, sendo necessária para manter os seus processos vitais. Estas demandas mínimas de calor devem ser medidas com o animal em repouso e em estado pós absorptivo (jejum) (Diener, 1997; Resende *et al.*, 2011). Para determinar quando o ruminante está em estado pós absorptivo, um dos critérios utilizados é a ausência de produção de metano, o que geralmente acontece de 48 a 144 horas após a última refeição. Nesse estado o quociente respiratório mostra-se próximo a 0,7, o que reflete o catabolismo das reservas de gordura corporal (Resende *et al.*, 2011).

Dessa forma, a energia metabolizável para manutenção representa a produção de calor do animal mantido em ambiente termoneutro, refletindo a produção de calor de um animal alimentado, mas que não apresenta ganho de peso e modificações na sua composição corporal, incluindo calor de regulação térmica, calor de atividade muscular, calor despendido para processos metabólicos básicos, e incremento calórico (IC) (Resende *et al.*, 2011).

O incremento calórico corresponde a produção de calor decorrente do consumo de alimentos, e sua magnitude depende da quantidade de alimento ingerido e da composição da dieta, já que o IC aumenta com o aumento de consumo porque os processos de digestão e transporte da digesta no trato digestivo requerem energia (Resende *et al.*, 2011). Segundo Chwalibog (2004) para alimentos concentrados, o IC varia de 15% a 25% da EM, enquanto que para forragens, a variação situa-se entre 35% a 60% da EM.

O balanço entre a energia metabolizável ingerida e a energia necessária para o atendimento das demandas de manutenção (produção basal de calor e incremento calórico) resulta na energia retida no organismo animal, ou seja, aquela disponível para crescimento e produção. Assim, a energia líquida (EL) equivale à energia utilizada para a realização de diferentes funções de retenção de substâncias nos tecidos e produtos além daquela utilizada na produção do calor liberado durante os processos de manutenção (incremento calórico). Entretanto, o conteúdo de EL de um mesmo alimento varia em função da espécie e da condição fisiológica do animal para a qual o alimento é fornecido e da finalidade para a qual a energia será utilizada (manutenção ou ganho) (Chwalibog, 2004). Além disso, todos os fatores que alteram o ambiente ruminal ou a digestibilidade de um alimento podem alterar os valores de energia líquida.

Alguns termos podem ser utilizados para se avaliar a eficiência de uso da energia. A metabolizabilidade (q) pode ser definida como a relação entre a energia metabolizável e a energia bruta da dieta. Quando o animal está consumindo em manutenção, a

metabolizabilidade é representada por q_m . Quando o animal está consumindo acima das exigências de manutenção é representada por q_L , sendo L o nível de ingestão dado em múltiplos da manutenção. Há uma relação entre os ingredientes da dieta com o valor de q . Segundo Resende et al., (2011) o aumento da concentração de fibra na dieta resulta em queda do valor de metabolizabilidade.

A eficiência de utilização da EM para a manutenção pode ser expressa como K_m , a qual é igual a EL_m / EM_m . Dados da literatura indicam que a eficiência do uso da EM para a manutenção é relativamente constante e independe da composição do alimento (Garret e Johnson, 1983). O problema do uso do Sistema de Energia Líquida para descrever o balanço energético tem sido para animais em manutenção, porque não há um produto a ser mensurado, além da produção de calor. Assim, as perdas de calor resultantes de reações bioquímicas ineficientes não podem ser diferenciadas do uso da energia para funções de manutenção (Van Soest, 1994). Esse problema é parcialmente resolvido a partir da mensuração da produção de calor (PC) em jejum, o qual é resultado da metabolização dos tecidos corporais para suprir a energia necessária para manter o animal. Todos os sistemas utilizam a produção de calor em jejum como base para estimar a exigência de energia líquida para manutenção ($EL_m = PC$ jejum). O AFRC (1993) adota a fórmula: $K_m = 0,35 q_m + 0,503$. Como a metabolizabilidade dos alimentos varia em torno de 35% a 80%, os valores de K_m encontram-se entre 65% a 78%.

Dessa forma, o calor produzido na oxidação dos alimentos pode ser estimado através de técnicas de calorimetria. Introduzida no início do século passado, a calorimetria indireta teve papel fundamental na investigação do metabolismo dos seres vivos (Diener, 1997), sendo um método não invasivo que determina as necessidades nutricionais e a taxa de utilização dos substratos energéticos a partir do consumo de oxigênio e da produção de dióxido de carbono e metano, além do nitrogênio contido na urina. Dessa forma, na calorimetria indireta a produção de calor é medida através de relações entre a produção de CO_2 e o consumo de O_2 (CO_2 / O_2). Esta relação é conhecida como quociente respiratório. Segundo Resende et al., (2006) os quocientes respiratórios de carboidratos, proteínas e gordura são 1,0; 0,8 e 0,7 respectivamente.

A equação sugerida para o cálculo da produção de calor (H) pelos ruminantes é (Brouwer, 1965):

$$H_{\text{(produção de calor em kj)}} = 16,18 \times O_{2(L)} + 5,02 \times CO_{2(L)} - 2,17 \times CH_{4(L)} - 5,88 N_{\text{urina(gr)}}$$

As trocas gasosas são medidas através de sensores instalados nas câmaras respirométricas que fazem a leitura periódica dos gases que entram e que saem da câmara. Assim, pela diferença de concentrações pode-se saber as quantidade de gases consumidos pelo animal em experimento (Resende et al., 2011).

Para medir as trocas gasosas pode-se utilizar câmaras de respiração com circuito aberto ou fechado. Nas câmaras de circuito fechado, o ar é recirculado dentro da câmara, porém, enquanto o CO_2 é retido em absorventes (hidróxido de sódio ou potássio), novas

quantidades de O₂ são adicionadas. Neste caso, CO₂ produzido é determinado diretamente pela diferença de peso dos absorventes antes e depois do experimento, enquanto que o O₂ consumido pelo animal é determinado pela mensuração do volume adicionado no sistema (Chwalibog, 2004). O metano é determinado pela retirada de amostras de ar sobre caulim platinizado aquecido ao rubro, podendo também ser estimado por meio de fórmulas matemáticas. Por outro lado, nas câmaras de circuito aberto, o ar externo passa através da câmara sendo amostrado na entrada e na saída e suas composições são analisadas. Conhecendo-se o fluxo de ar que passa através da câmara e as concentrações dos gases, é possível determinar as quantidades de CO₂ e CH₄ produzidas e a quantidade de O₂ consumida (Resende *et al.*, 2011). Atualmente, os sistemas utilizam analisadores de gases eletrônicos com alta precisão (Rodríguez *et al.*, 2007).

2.8 Produção de metano entérico por ruminantes

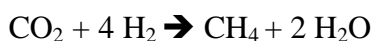
As emissões de gases de efeito estufa em todo o mundo tornaram-se um tema cada vez mais relevante devido os seus efeitos sobre o aquecimento global e as mudanças climáticas. Os efeitos das emissões dos gases de efeito estufa sobre a vulnerabilidade ecológica e socioeconômica já tem sido notado e vai continuar a crescer globalmente nos próximos anos (Patra, 2012). O gás metano apresenta potencial de aquecimento global 25 vezes maior que o CO₂ e tempo de vida na atmosfera de 9 a 15 anos, sendo sua taxa de crescimento anual de 7,0% (IPCC, 2006).

O dióxido de carbono é o maior contribuinte antropogênico dos gases de efeito estufa, representando 76,7% do total das emissões antropogênicas em 2004. O metano é o segundo maior dos gases de efeito estufa provocados pelas ações humanas, contribuindo com um total de 14,3% do total de gases de efeito estufa emitidos em 2004 (IPCC, 2007).

As emissões de metano de origem agrícola, respondem por cerca de 60% das emissões de metano de fontes antropogênicas, de forma que 25% dessa emissão é de origem da fermentação entérica nos animais (Olivier *et al.*, 2005). Globalmente, a pecuária produz cerca de 80 milhões de toneladas de metano de origem entérica. A maior parte desse metano produzido é originado à partir da fermentação microbiana de carboidratos no rúmen e no intestino grosso. O Brasil possui o maior rebanho comercial de bovinos do mundo (87% de corte e 13% de leite), de forma que as duzentas milhões de cabeças, segundo levantamento do IBGE de 2008, emitem cerca de 10% do metano ruminal do mundo inteiro e 3% do total produzido pelas atividades humanas. De acordo com o tipo de dieta, a emissão de metano por ruminantes pode corresponder de 2 a 12% de perda da energia bruta consumida (Johnson e Johnson, 1995).

Assim, o grande desafio no sistema produtivo de ruminantes é desenvolver dietas e sistemas de manejo que minimizem a produção de metano, possibilitando maior eficiência produtiva e redução da contribuição pela pecuária para o aquecimento global.

Dessa forma, o rúmen é um ecossistema microbiano complexo, diversificado, anaeróbico onde os alimentos ingeridos, incluindo estruturas fibrosas, são fermentados a ácidos graxos voláteis de cadeia curta, CO₂, hidrogênio (H₂) e metano (CH₄) por um grande número de microrganismos. Os metanogênicos pertencem a um domínio separado, classificado como archaea no reino de *Euryarchaeota* e são encontradas em grande variedade de outros ambientes anaeróbicos (Liu e Whitman, 2008). A maioria das metanogênicas no rúmen produzem energia para o seu crescimento por meio de uma série de reações de redução bioquímica de CO₂ com H₂, sendo que algumas metanogênicas utilizam acetato, metanol, mono-, di- e tri-metilamina para a produção de CH₄ (metanogênese). Assim, o ciclo de formação do metano a partir do CO₂ envolve a captação de quatro moléculas de H₂:



Entre os 28 gêneros e 113 espécies de metanogênicas conhecidas por estarem presentes na natureza, somente sete espécies tem sido comumente encontradas em culturas do ambiente ruminal. São elas: *Methanobacterium formicicum*, *Methanobacterium bryantii*, *Methanobrevibacter ruminantium*, *Methanobrevibacter millerae*, *Methanobrevibacter olleyae*, *Methanomicrobium móbile*, e *Methanoculleus olentangyi*. Estudos de análises moleculares mostram que os membros da família Methanobacteriaceae (incluindo *Methanobrevibacter spp.*, *Methanobacterium spp.*, e *Methanosphaera spp.*) são as espécies dominantes (30 a 99% de archaea) (Janssen e Kirs, 2008).

O processo de metanogênese remove continuamente o H₂, um produto das fermentações. Os efeitos adversos do acúmulo de H₂ no rúmen incluem inibição da re-oxidação do NADH e o acúmulo de lactato ou etanol, o que proporciona queda de pH, tendo como consequência a redução da eficiência do crescimento de microrganismos que digerem fibra. Na ausência dos microrganismos metanogênicos ou quando do excesso de H₂, algumas bactérias utilizam vias alternativas para reoxidar o NADH e garantir suprimento adequado de NAD oxidado, apesar destas vias levarem a uma menor produção de ATP por unidade de hexose fermentada (Pedreira et al., 2005).

Assim, a formação do metano ruminal possui o efeito positivo de reduzir a concentração de hidrogênio dentro do rúmen, promovendo assim um ambiente favorável ao crescimento de outras espécies bacterianas, servindo assim como “dreno” de hidrogênio (Johnson e Johnson, 1995).

Nem todo metano é produzido exclusivamente no rúmen. Cerca de 14% do metano é produzido no intestino grosso. Esta proporção varia de acordo com a digestibilidade da dieta. Dietas de baixa degradabilidade ruminal proporcionam maiores produções de

AGVs e CH₄ intestinal. Do metano produzido por fermentação entérica no rúmen, 95% é excretado por eructação, e daquele produzido no trato digestivo posterior, 89% é excretado através da respiração e apenas 11% pelo ânus (Murray et al., 1976). Segundo Immig (1996), o intestino grosso é responsável por cerca de 6 a 14% da produção do CH₄ do animal por dia.

Com teor energético de 13,344 Kcal/g, o metano representa uma significativa perda de energia, impactando negativamente sobre o desempenho animal. As perdas associadas à produção diária de metano são estimadas entre 5,5 e 6,5% da energia bruta ingerida (Johnson e Ward, 1996). Entretanto, as mensurações realizadas em câmaras respirométricas (calorimetria indireta) mostraram grande variação na emissão de metano, de 2 a 12% da energia bruta ingerida (Johnson e Johnson, 1995).

Segundo Rodriguez et al., (2007) a metodologia mais comumente utilizada para medir a concentração de gás metano é através de cromatografia gasosa com detector de ionização de chama ou por analisadores que utilizam sistemas de infravermelho. Assim, a avaliação da emissão de metano por meio de câmaras respirométricas vem sendo considerada pelos principais grupos de pesquisa, como método padrão (*Standard Gold*) para a calibragem e desenvolvimento de novas metodologias. Para a predição correta da produção diária de metano dos animais em câmara respirométrica, tem-se que atentar para o tempo de mensuração, pois a taxa de produção de gás varia ao longo do dia (Grainger et al., 2007).

2.9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGRICULTURAL AND FOOD RESEARCH COUNCIL. Energy and requirements of ruminants. Wallingford, CAB INTERNATIONAL. 1993. 159p.

ALMEIDA FILHO, S.L. *Avaliação de cultivares de milho (Zea mays L.) para silagem*. Viçosa: UFV, 1996. 53p.

ALVES DE BRITO, C.G.F.; RODELLA, R.A.; DESCHAMPS, F.C. Chemical profile of cell wall and its implications on Brachiaria brizantha and Brachiaria humidicola digestibility. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.32, p.1835- 1844, 2003.

BAL, M. A.; COORS, J. G.; SHAVER, R. D. Impact of the maturity of corn for use as silage in the diets of dairy cows on intake, digestion, and milk production. *J. Dairy Sci.* v.80, p. 2497– 2503. 1997.

BARBOSA, G. S. S. C. *Influência das condições experimentais sobre a estimativa de parâmetros do modelo de Orskov para a avaliação de digestibilidade em ruminantes*. 1996. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Escola de Veterinária. Universidade Federal de Minas Gerais, 1996.

BELEZE, J. R. F.; ZEOULA, L. M.; CECATO, U.; et al. Avaliação de cinco híbridos de milho (*Zea mays*, L.) em diferentes estádios de maturação. 1. Produtividade, características morfológicas e correlações. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.32, n.3, p.529-537, 2003a.

BELEZE, J. R. F.; ZEOULA, L. M.; CECATO, U.; et al. Avaliação de cinco híbridos de milho (*Zea mays*, L.) em diferentes estádios de maturação. 2. Concentrações dos componentes estruturais e correlações. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.32, n.3, p.538-545, 2003b.

BLAXTER, K. L. 1962. *The Energy Metabolism of Ruminants*. Springfield, IL. Charles C. Thomas.

BLÜMMEL, M.; ØRSKOV, E.R. Comparison of in vitro gas production and nylon degradability of roughage in predicting feed intake in cattle. *Anim. Feed Sci. Technol.*, v.40, p.109-119, 1993.

BLÜMMEL, M. et al. In vitro gas production: a technique revisited. *J. of Ani. Phys. And Nutri.*, v.77, p. 24-34, 1997.

BROUWER, M. Report of sub-committee on constants and factors. In: SYMPOSIUM OF ENERGY METABOLISM HELD AT EUROPEAN ASSOCIATION FOR ANIMAL PRODUCTION, 1965, London. *Proceedings...* London: EAAP Academic, 1965. p. 441-443

BUCK, G. R.; MERRIL, W. G.; COPPOCK, C. E.; SLACK, S. T. Effect of recutting and plant maturity on kernel passage and feeding value of corn silage. *J. Dairy Sci.* v.52. p.1617-1632. 1969.

CHWALIBOG, A. *Physiological basis of heat production – The fire of life*. Research School of Nutrition and Physiology, 2004.

CONAB – COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Acompanhamento da safra brasileira de grãos 2012/2013 – Segundo levantamento. Brasília: Conab, 2012.

COELHO DA SILVA, J. F. *Nutrição de ruminantes: Mecanismos reguladores de consumo*. Jaboticabal, SP: Funep, 2006. p. 57 – 78.

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

COSTA, R.S. *Características agronômicas, composição química e qualidade da silagem de doze cultivares de milho – safra 97/98*. 2000. 35f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Veterinária Belo Horizonte, MG.

CRUZ, J. C.; RESENDE, M. A.; LOUREIRO, J. E. *Avaliação de Cultivares de Milho na Região de Sete Lagoas, MG. Sete lagoas*: EMBRAPA-CNPMS. 2005. 6p. (EMBRAPACNPMS. Circular Técnica, 65).

DAYNARD, T.B. Practices affecting quality and preservation of whole-plant corn silage. *Canadian Journal of plant Science*, Ottawa. v.58, p.651-659, 1978.

DELLA-FERA, M. A.; BAILE, C. A. Control of Feed Intake in Sheep. *Journal of Animal Science*, v. 59, p. 1362-1368, 1984.

DEMARQUILLY, C. Facteurs de variation de la valeur nutritive du maïs ensilage. *Production Animal* , v.7, n.3, p.177-189, 1994.

DEMINICIS, B. B.; VIEIRA, H. D.; JARDIM, J. G.; et al. Silagem de milho – características agronômicas e considerações. *Rev. Electrón. Vet.* v. 10, n.2.p. 1-6. 2009.

DIENER, J. R. C. Calorimetria indireta. *Rev. Ass. Med. Brasil.* v.43, n.3, p. 245-53. 1997.

DOREAU, M.; B.; OULD-BAH, M.Y. In vitro and in sacco methods for the estimation of dietary nitrogen degradability in the rumen: a review. *Anim. Feed Sci. Technol.*, v.40, p.57-86, 1992.

ÉMILE, J.C.; BARRIÈRE, Y. Effets de la teneur en grain de l'ensilage de maïs sur les performances zootechniques de vaches laitières. *Production Animal* , v.5, n.2, p.113-120, 1992.

EVANGELISTA, A.R. *Consórcio milho-soja e sorgo-soja: rendimento forrageiro, qualidade e valor nutritivo das silagens* . 1986. 77p. Tese (Doutorado) Viçosa: UFV.

FANCELLI, A.L. *Plantas alimentícias: gui para aula, estudos e discussão*. Departamento de Agricultura da E.S.A. “Luiz Queiroz”, CALQ;Piracicaba. 13p. 1986.

FERRELL, C. L.; OLTJEN, J. W. Net energy systems for beef cattle: Concepts. 2008; *Journal of Animal Science*. v. 86, p. 2779-2794. 2008.

FERREIRA, J.J. Avaliação do teor de matéria seca do milho e do estágio de maturação adequado para silagem. In: CRUZ, J.C.; PEREIRA FILHO, I.A.; RODRIGUES, J.A.S.;

FERREIRA, J.J. *Produção e utilização de silagem de milho e sorgo*. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2001. Cap XVII, p. 429-444.

FONDEVILA, M.; BARRIOS, A. The gas production technique and its application to the study of the nutritive value of forages. *Cuban Journal of Agricultural Science*, v.35, n.3, p.187-195, 2001.

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. *Journal of Theoretical Biology*, v.163, p.99-111, 1993.

FREITAS, G. A. R. *Consumo e digestibilidade aparente das silagens de cinco genótipos de milho (Zea mays L.)*. 2002. 50p. Dissertação (Mestrado em Nutrição Animal) – Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG.

GARRETT, W. N., JOHNSON, D. E. Nutritional energetics of ruminants. *Journal of Animal Science*. v.57(Suppl. 2), p. 478–497. 1983.

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.

GETACHEW, G.; ROBINSON, P.H.; DePETERS, E.J.; TAYLOR, S.J. Relationship between chemical composition, dry matter degradation and *in vitro* gas production of several ruminant feeds. *Animal Feed Science and Technology*, v.111, p.57-71, 2004.

GRAINGER C.; CLARKE T.; MCGINN S. M.; *et al.* Methane emissions from dairy cows measured using the sulphur hexafluoride (SF6) tracer and chamber techniques. *Journal of Dairy Science*, v.90, p.2755–2766, 2007.

HARRISON, J. H.; JOHNSON, L.; RILEY, R.; XU, S.; LONEV, K.; HUNT, C. W.; SAPIENZA, D. Effect of harvest maturity of whole plant corn silage on milk production and component yield and passage of corn grain and starch into feces. *J. Dairy Sci.* v.79 (Suppl.1), p.149(Abstr). 1996.

HIDAYAT, H.K., C.J. NEWBOLD AND C.S. STEWART, The contributions of bacteria and protozoa to ruminal fermentation of forage *in vitro*, as determined by microbial gas production. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 42: 193-208. 1993.

HUBER, J. T., GRAF, G. C., ENGEL, R. W. Effect of maturity on nutritive value of corn silage for lactating cows. *J. Dairy Sci.* v.48, p.1121–1128. 1965.

HUBER, J. T., THOMAS, J. W., EMERY, R. S. Response of lactating cows fed urea-treated corn silage harvested at varying stages of maturity. *J. Dairy Sci.* v.51, p.1806–1810. 1968.

HUNGATE, R. *The Rumen and Its Microbes*. New York: Academic Press, 1996.

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, n2, p. 63-93, 1995.

INTERGOVERNAMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. Emissions from livestock and manure management. In: Eggleston, H. S.; Buendia, L.; Miwa, K.; Ngara, T.; Tabane, K. (eds). IPCC Guidelines for nacional greenhouse gas inventories. Hayama: IGES, 2006. chap. 10, p. 747-846.

INTERGOVERNAMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. Sumary for Policymakers. In Solomon, S.d., Qin, M., Manning, Z., Chen, M., Marquis, K. B., Averyt, M. T., Miller, H. L. (Eds). *Climate change 2007: The physical science basis. Contribution of working group I to the fourth assessment report of the intergovernmental panel on climate change*. Cambridge University Press, Cambridge.

IMMIG, I. The rumen and hindgut as source of ruminant methanogenesis. *Environmental monitoring and assessment* 42: 57–72. 1996.

IRLBECK, N.A.; RUSSELL, J.R.; HALLAUER, A.R. et al. Nutritive value and ensiling characteristics of maize stover as influenced by hybrid maturity and generation, plant density and harvest date. *Anim. Feed Sci. Technol.*, v.41, p.51-64, 1993.

JANSSEN, P. J., KIRS, M. Structure of the archaeal community of the rumen. *Applied and Environmental Microbiology*. v.74, p. 3619-3625. 2008.

JOHNSON, L.; HARRISON, J.H.; DAVIDSON, D.; et al. Corn silage management: Effects of hybrid, maturity, chop length, and mechanical processing on rate and extent of digestion. *J. Dairy. Sci.*, v.86, p. 3271-3299, 2003.

JOHNSON, L.; HARRISON, J.H.; HUNT, C.; et al. Nutritive value of corn silage as affected by maturity and mechanical processing: a contemporary review. *J. Dairy. Sci.*, v.82, p.2813-2825, 1999.

JOHNSON, K.A.; JOHNSON, D.E. Methane Emissions from Cattle. *J. Anim. Sci.*, v.73, p.2483- 2492, 1995.

JOHNSON, D.E.; WARD, G.M. Estimates of animal methane emissions. *Environmental Monitoring and Assessment*, v.42, p.133-141, 1996

KHAZAAL, K.; ORSKOV, E.R. The *in vitro* gas production technique: and investigation on its potential use with insoluble polyvinylpolypyrrolidone for the assessment of phenolics-related antinutritive factors in browse species. *Animal Feed Science Technology*. v.47, p. 305-320, 1994.

LAUER, J. *Kernel Milkline:how should we use it for harvesting silage?* Agronomy Advice. 1999.

LAVEZZO, W.; LAVEZZO, O.E.N.M.; CAMPOS NETO, O. Estádio de desenvolvimento do milho. Efeito sobre produção, composição da planta e qualidade da silagem. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.26, n.4, p.675-682, 1997.

LAWRENCE, T.L.J. AND V.R. FOWLER, 2002. *Growth of Farm Animals*. 2nd Edn., CABI Publishing, Oxon, UK., Pages: 347.

LIU, Y., WHITMAN, W.B. Metabolic, phylogenetic, and ecological diversity of the methanogenic archaea. *Annals of New York Academy of Sciences*, n.1125, p. 171-189. 2008.

LÓPEZ, S.; DIJKSTRA,J.; DHANOA, M.S. *et al.* A generic multi-stage compartmental model for interpreting gas production profiles. In: SAUVANT, D.; VAN MILGEN, J.; FAVERDIN, P. *et al.* (Eds.), *Modelling nutrient digestion and utilisation in farm animals*: Wageningen Academic Publishers. Part 3. 2011. p.139-147.

MARINUCCI, M.T., DEHORITY, B.A., LOERCH, S.C. 1992. *In vitro* and *in vivo* studies of factors affecting digestion of feeds in synthetic fiber bags. *J. Anim. Sci.*, 70(1):296-307.

MAURÍCIO, R. M.; MOULD, F.; DHANOA, M. S. *et al.* A semi-automated *in vitro* gas production technique for ruminants feedstuff evaluation. *Anim. Feed Sci. Technol.*, v. 79, n. 4, p. 321-330, 1999.

MAURÍCIO, R. M.; PEREIRA, L. G. R.; GONÇALVES, 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.*, v. 55, n. 2, p. 56-61, 2003.

McDONALD, I.M. A revised model for the estimation of protein degradability in rumen. *Journal of Agricultural Science*. v. 96, p. 251-252, 1981.

McDONALD, P.; HENDERSON, A. R.; HERON, S. *The biochemistry of silage*. 2^a ed. Marlow: Chalcombe Publications, 1991. 340p.

MCDOUGALL, E. I. Studies on ruminant saliva – The composition and output of sheep's saliva. *Biochem. J.*, v. 43, s/n, p. 99-109, 1948.

MEHREZ, A.Z.; ORSKOV, E.R. A study of artificial fibre bag technique for determining the digestibility of feeds in the rumen. *Journal of Agricultural Science*. v.88, p. 645-650, 1977.

MENKE, K. H.; RAAB, L.; SALEWSKI, A. et al. The estimation of digestibility and metabolizable energy content of ruminal feedstuffs from the gas production when they are incubated with rumen liquor in vitro. *J. Agric. Sci.*, v. 93, n. 3, p. 217-222, 1979.

MENKE, K.H., STEINGASS, H. 1988. Estimation of the energetic feed value obtained from chemical analysis and in vitro gas production using rumen fluid. *Anim. Res. Dev.*, 28(1):7-55.

MERTENS, D.R. Rate and extent of digestion. In: FORBES, J.M.; FRANCE, J. *Quantitative aspects of ruminant digestion and metabolism*. Londres: CAB Internacional, 1993. Cap. 2, p. 14-51.

MERTENS, D. R. *Regulation of forage intake*. In: Forage Quality, Evaluation, and Utilization. American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, Soil Science Society of America, Madison, WI. 1994.

MICHALET-DOREAU, B.; DOREU, M. Maize genotype and ruminant nutrition. *Sci.Alim.*, v.19, p.349-365, 1999.

MINSON, D. J. *Forage in ruminant nutrition*. San Diego, California: Academic Press, Inc, 1990. 483 p.

MOULD, F.L.; MORGAN, R.; KLIEM, K.E.; KRYSTALLIDOU, E. A review and simplification of the *in vitro* incubation medium. *Animal Feed Science and Technology*, v.123-124, p.155-172, 2005.

MURRAY, R. M.; BRYANT, A. M.; LENG, R. A. Rates of production of methane in the rumen and large intestine of sheep. *British Journal of Nutrition*, v. 36, p. 1-14. 1976

NOCEK, J.E. Evaluation of specific variables affecting in situ estimates of ruminal dry matter and protein digestion. *Journal Animal Science*. v.60, n.5, p.1347-1358, 1985.

NOCEK, J.E. In situ and other methods to estimate ruminal protein and energy digestibility: a review. *Journal Dairy Science*, v.71, n.8, p. 2051-2069, 1988.

NOGUERA, R.R.; SALIBA, E.O.; MAURICIO, R.M. Comparación de modelos matemáticos para estimar los parámetros de degradación obtenidos a través de la técnica de producción de gas. *Livestock Research for Rural Development*, v.16, n.11, [on-line]. 2004.

NRC - NATIONAL RESEARCH COUNCIL. *Nutrient Requirements of dairy cattle*. 7th ed. Washington, National Academy Press, 2001. 381p.

NUSSIO, L.G. Cultura de milho para a produção de silagem de alto valor alimentício. In: Simpósio sobre Nutrição de Bovinos, IV, 1991, Piracicaba. *Anais....* Piracicaba: FEALQ, 1991. p. 302.

NUSSIO, L.G.; SIMAS, J. E. C.; LIMA, M. L. M. Determinação do ponto de maturidade ideal para colheita do milho para silagem. In: NUSSIO, L. G.; ZOPOLLATO, M.; MOURA, J. C. (Ed). *Milho para silagem*. Piracicaba: FEALQ, p.11-26. 2001.

OLIVEIRA, J. S.; FERREIRA, R. P.; CRUZ, C. D.; et al. Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de milho para silagem em relação à produção de matéria seca degradável no rúmen. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v.28, n.2, p. 230-234, 1999.

OLIVEIRA, J. S.; SOBRINHO, F. S.; BENITES, F. R. G.; et al. *Cultivares de milho para silagem – Recomendações para região Sul, Sudeste e Brasil-Central*. Juiz de Fora: EMBRAPA-CNPGL. 2010. 8p. (EMBRAPACNPGL. Circular Técnica, 103).

OLIVIER, J. G. J., VAN AARDENNE, J. A., DENTENER, F., et al. Recent trends in global greenhouse gas emissions: Regional trends and spatial distribution of key sources. In A. Van Amstel (Ed.). *Non-CO₂ greenhouse gases (NCGG- $\$$)* (pp. 325-330). Rotterdam: Millipress.

ORSKOV, E.R. Particulate matter loss and the polyester-bag method. *British Journal of Nutrition*, v.28, p. 1031-1044, 1997.

ORSKOV, E.R.; McDONALD, I.M. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. *Journal of Agricultural Science*, v.92, p. 499-503, 1979.

PATRA, A. K. Enteric methane mitigation technologies for ruminant livestock: a synthesis of current research and future directions. *Environ. Monit. Assess.* v. 184, p. 1929-1952. 2012.

PEDREIRA, M.S.; OLIVEIRA, S.G.; BERCHIELLI, T.T.; PRIMAVESI, O. Aspectos relacionados com a emissão de metano de origem ruminal em sistemas de produção de bovinos. *Archives of Veterinary Science*, v. 10, n. 3, p. 24-32, 2005.

PELL, A. N.; SCHOFIELD, P. Computerized monitoring of gas production to measure forage digestion in vitro. *J. Dairy Sci*, v. 76, n. 4, p. 1063-1073. 1993.

PEREIRA, L. G. R. ANTUNES, R. C.; GONÇALVES, L. C.; CARVALHO, W. T. V. O milho na alimentação de gado de leite. In: GONÇALVES, L.C.; BORGES, I.; FERREIRA, P. D. D. *Alimentos para gado de leite*. Belo Horizonte: FEPMVZ-Editora, 2009. Cap XIV, p. 240-269.

PIONEER. *Silagem de milho*. 2.ed.s.I., 1993 (Pioneer. Informe Técnico, 6).

PÔSSAS, F. P. Avaliação da degradabilidade ruminal *in situ* das silagens de milho (*Zea mays*, L.) com diferentes graus de vitreosidade e com perfil de aminoácidos modificado. 2007. 41p. *Dissertação* (Mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

PRADA e SILVA, L.F.; MACHADO, P.F.; FRANCISCO JUNIOR, J. C. Características Agrônômicas e Digestibilidade *in situ* da Fração Volumosa de Híbridos de Milho para Silagem. *Scientia Agraria*, v.56, n.1, p.171-184, 1999.

QUIN, J.I.; VAN DER WATH, J.G.; MYBURGH, S. Studies on the alimentary canal of Merino sheep in South África. 4. description of experimental technique. *Onderstepoort Journal of Veterinary Science and Animal Industry*, v.11, p.341-360, 1938.

RESENDE, K.T.; TEIXEIRA, I.A.M.A; FERNANDES, M.H.M.R. Metabolismo de energia. In: BERCHIELLI, T.T.; PIRES, A.V.; OLIVEIRA, S.G. (Eds), *Nutrição de Ruminantes*. 2.ed., Jaboticabal: FUNEP; 2011. p.323-344.

RIBAS, M. N. Avaliação nutricional de silagens de milho com diferentes graus de vitreosidade e com perfil de aminoácidos modificado. 2006, 61f. *Dissertação* (Mestrado em Zootecnia) – Escola de Veterinária, UFMG. Belo Horizonte.

RODRIGUEZ, N.M.; CAMPOS, W.E.; LACHICA, M.L. et al. A calorimetry system for metabolism trials. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinaria e Zootecnia*, v.59, n. 2, p. 495-500, 2007.

ROOSI JÚNIOR, P.; FUGISAWA, A.C.; SCHOGOR, A. L. B.; MURARO, G. B. Digestibilidade aparente de dois cultivares de milho, cortados em diferentes alturas, submetidos à ensilagem. *Archives of Veterinary Science*. v.11, n.3, p. 58-61. 2006.

- RUSSELL, J. R.. Influence of harvest date on the nutritive value and ensiling characteristics of maize stover. *Anim. Feed Sci. Technol.* v. 14. P.11–27, 1986.
- SAHIN,M.; GUVEN, I.; OZKAN, C.O *et al.* [2011]. Comparison of some mathematical models used in gas production technique. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, v.10, n.18, p.2465-2469, 2011.
- SAMPAIO, I.B.M. Métodos estatísticos aplicados a determinação de digestibilidade in situ. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE DIGESTIBILIDADE DE RUMINANTES. 1997, Lavras. *Anais...* Lavras: 1997. p. 165-178.
- SAMPAIO, I.B.M. *Experimental designs and modeling techniques in the study roughages degradation in rumen and growth of ruminants*. 1988. 228f. (PhD, thesis) - Department of Applied Statistics, University of Reading.
- SCAPIM, C. A.; CARVALHO, C. G. P.; CRUZ, C.D. Uma proposta de classificação dos coeficientes de variação para a cultura do milho. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.39, n.5, p. 683-686, 1995.
- SCHOFIELD, P. Gas production methods. In: *Farm Animal Metabolism and Nutrition*. Wallingford (UK): CAB International. 2000. 450p.
- ST. PIERRE, N. R.; BOUCHARD, R.; ST. LAURENT, G.; ROY, G. L.; VINET, C. Performance of lactating dairy cows fed silage from corn of varying maturities. *J. Dairy Sci.* v.70, p.108–115. 1987.
- TEIXEIRA, J.C. Introdução aos Métodos de Determinação de Digestibilidade em Ruminantes. In: *Digestibilidade em Ruminantes*. Lavras, MG.UFLA – FAEP,1997. Cap 1, p. 7-28.
- THEODOROU, M. K.; WILLIAMS, B. A.; DHANOA, M. S. et al. A simple gas production method using a pressure transducer to determine the fermentation kinetics of ruminant feeds. *Anim. Feed Sci. Technol.*, v. 48, n. 3-4, p. 185-197, 1994.
- TILLEY, J. M.; TERRY, R. A. A two-stage technique for the in vitro digestion of forage crops. *J. Br. Grass. Soc.*, v. 18, n. 2, p. 104-111. 1963.
- VAN SOEST, P. J. Symposium on factors influencing the voluntary intake of herbage by ruminants: Voluntary intake in relation to chemical composition and digestibility. *Journal of Animal Science*, v. 24, p. 834-843, 1965.
- VAN SOEST, P.J. *Nutritional ecology of the ruminant*. 2.ed. Ithaca: Cornell University Press, 1994. 476p.

VAZANT, E.S.; COCHRAN, C.; TITGEMEYER, E.C. Standardization of in situ techniques for ruminants feedstuff evaluation. *Journal Animal Science*, v.76, p. 2717-2729, 1998.

VEIGA, I. R. F. M. *Avaliação agronômica e valor nutritivo das silagens e do rolão de três híbridos de milho colhidos em quatro estádios de maturação*. 2008. 82f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Veterinária Belo Horizonte, MG.

WILKERSON, V. A.; KLOPFENSTEIN, T. J.; STROUP, W. W. A collaborative study of *in situ* forage pretein degradation. *J. of Anim. Sci.* v.73, n.2, p. 583-588. 1995.

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.

WOLIN, M.J. Interactions between the bacterial species of the rumen. In: McDonald, I.W. and Warner, A.C. (eds) *Digestion and Metabolism in the Ruminant*. University of New England Publishing Unit, Armidale, Australia, p.134–148, 1975.

XICCATO, G.; CINETTO, M.; CARAZZOLO, A.; COSSU, M.E. The effect of silo type and dry matter content on the maize silage fermentation process and ensiling loss. *Animal Feed Science Technology.*, v. 49, n. 3-4, p. 311-323, 1994.

ZOPOLLATTO, M.; NUSSIO, L.G.; PAZIANI, S. F.; et al. Relações biométricas entre o estágio de maturação e a produtividade de híbridos de milho para produção de silagem. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.38, n.2, p.256-264, 2009.

CAPÍTULO 3 - EXPERIMENTO I

CONSUMO E DIGESTIBILIDADE APARENTE DAS SILAGENS DE TRÊS HÍBRIDOS DE MILHO COLHIDOS EM TRÊS IDADES

3.1 RESUMO

Foram avaliados os consumo e a digestibilidade das silagens de três híbridos de milho (BRS 1035, BRS 1031 e BRS 1001) colhidos em três diferentes estádios (pastoso, farináceo e farináceo-duro). O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado em desenho fatorial 3 x 3, sendo três híbridos, três estádios de maturidade e cinco repetições (carneiros), sendo as médias avaliadas pelo teste SNK ($p < 0,05$). Os consumos de matéria seca por unidade de tamanho metabólico (CMS/UTM) variaram de 43,36 a 62,02 g/UTM/dia, e não houve diferença no CMS/UTM para os animais alimentados com as silagens dos híbridos BRS1035 e BRS 1031 obtidos nos diferentes estádios. Para os animais alimentados com a silagem do híbrido BRS 1001 houve menor consumo das silagens obtidas no estádio farináceo ($p < 0,05$). Para as silagens obtidas no ponto pastoso, os carneiros alimentados com a silagem do híbrido BRS 1001 apresentaram maior CMS/UTM. Os valores de digestibilidade aparente da matéria seca (DAMS) variaram de 55,33 a 64,10%, de forma que não houve diferença na DAMS para os diferentes híbridos com o avançar da maturidade. As silagens dos híbridos BRS 1031 e BRS 1001 colhidas no ponto farináceo apresentaram valores de DAMS superiores aos da silagem do híbrido BRS 1035 no mesmo estádio, de forma que não houve diferença na DAMS das silagens dos híbridos BRS 1035 e BRS 1031. O consumo de proteína bruta por unidade de tamanho metabólico (CPB/UTM) variou de 2,39 a 4,27 g/UTM/dia. Os carneiros alimentados com as silagens do híbrido BRS 1035 colhido no ponto farináceo apresentaram menor valor de Nret/UTM em relação aos animais que receberam as silagens do mesmo híbrido colhido nos outros estádios. Para as silagens do híbrido BRS 1031, não houve diferença no Nret/UTM para os animais alimentados com as silagens colhidas nos três estádios. Já para as silagens do híbrido BRS 1001, os animais apresentaram valores superiores de Nret/UTM quando alimentados com as silagens colhidas nos estádios pastoso e farináceo. O consumo de fibra em detergente neutro por unidade de tamanho metabólico (CFDN/UTM) variou entre 24,62 e 35,24 g/UTM/dia. Os valores de digestibilidade da fibra em detergente neutro (DFDN) variaram de 42,20 a 56,07%, sendo que não houve diferença na DFND entre as silagens dos diferentes híbridos com o avançar da maturidade da planta. O consumo de fibra em detergente ácido por unidade de tamanho metabólico (CFDA/UTM) variou de 13,68 a 18,76 g/UTM/dia. Os valores de digestibilidade da fibra em detergente ácido (DFDA), variaram de 44,40 a 56,39. Não houve diferença para a DFDA das silagens dos diferentes híbridos colhidos nos mesmos estádios. Apenas as silagens do híbrido BRS 1001 apresentou diferença na DFDA quando as silagens foram colhidas nos diferentes estádios, sendo que a silagem produzida no estádio farináceo-duro apresentou valor inferior de DFDA ($p < 0,05$). Os consumos de lignina por unidade de tamanho metabólico variaram de 1,62 a 2,55 g/UTM/dia. Em geral, todas as silagens apresentaram consumo de matéria seca e de proteína próximos a exigência para manutenção. Para o híbrido BRS 1035 a silagem quando colhida no estádio farináceo-duro apresentou melhor valor nutricional, enquanto as silagens dos híbridos BRS 1031 e BRS 1001 apresentaram melhor valor nutricional quando colhidas no estádio pastoso.

Palavras-chave: digestibilidade, ruminantes, valor nutricional, silagem de milho, ovinos.

3.2 INTRODUÇÃO

Durante o período de escassez de chuvas, em sistemas intensivos, há a necessidade de suplementação dos animais com volumoso de qualidade para suprir as exigências nutricionais do rebanho, pois nesse período, boa parte das pastagens se apresentam com baixo valor nutricional. Devido a essa estacionalidade da produção de volumosos, muitos produtores optam pela produção de silagem. O milho (*Zea mays*) destaca-se devido a sua alta produção de matéria seca por hectare, seu bom balanço nutricional, baixos custos de produção e grande variedade de cultivares adaptadas.

Com o avanço do ciclo vegetativo da planta, ocorrem alterações nas proporções das frações colmo, folhas e espigas. Assim, com o avançar da maturidade da planta evidencia-se maior acúmulo de matéria seca, que na fase vegetativa ocorre nos componentes da fração fibrosa da planta (colmos e folhas). Posteriormente, na fase reprodutiva, ocorre acúmulo de matéria seca nos grãos. Portanto, devido as alterações nas proporções e composição das frações da planta, precisa-se avaliar o melhor ponto de colheita para cada cultivar, com o intuito de se obter máxima resposta em desempenho animal.

Para que se conheça o valor nutritivo de um alimento, a simples determinação da composição química não é suficiente, devendo ser considerados também os efeitos dos processos de consumo, digestão, absorção e metabolismo animal. Uma possível maneira de definir a qualidade da dieta seria o produto da digestibilidade pelo consumo de matéria seca, que é intimamente correlacionado com o consumo de energia.

Objetivou-se com este trabalho determinar os consumos voluntários e as digestibilidades das silagens de três híbridos de milho colhidos em três estádios de maturidade (pastoso, farináceo e farináceo-duro), correspondendo a 87, 94 e 101 dias pós plantio.

3.3 MATERIAL E MÉTODOS

Os híbridos foram plantados no campo experimental do Centro Nacional de Pesquisa do Milho e Sorgo (CNPMS) da EMBRAPA, localizado no município de Sete Lagoas – MG no ano agrícola 2006/2007. Foram avaliados três híbridos de milho BRS 1035, BRS 1031 e BRS 1001 cortados em três diferentes estádios de maturação dos grãos: pastoso, farináceo e farináceo-duro, sendo estes aos 87, 94 e 101 dias após plantio. Estes híbridos são originados do programa de melhoramento genético do CNPMS da EMBRAPA. São híbridos simples que apresentam maior uniformidade de plantas e espigas, permitindo atingir boa produtividade.

Na figura 01 estão descritos os dados de precipitação pluviométrica durante o período de crescimento dos híbridos avaliados, sendo estes dados obtidos a partir da estação meteorológica da Embrapa Milho e Sorgo, localizada em Sete Lagoas, Minas Gerais.

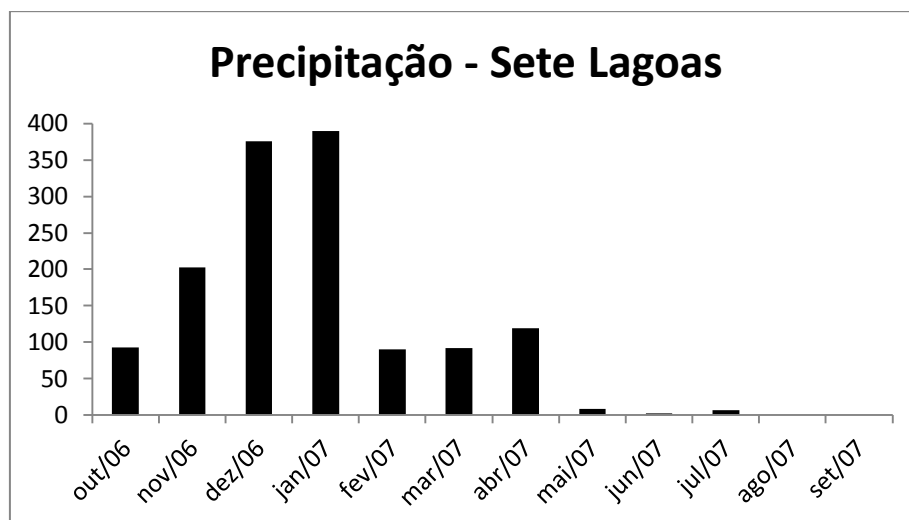


Figura 01. Índices pluviométricos mensais (mm) em Sete Lagoas, MG.
*Dados coletados na estação metereológica da Embrapa Milho e Sorgo.

O BRS 1035 entrou para o ensaio de Híbridos de Elites da Embrapa Milho e Sorgo pela primeira vez na safra 2002/2003, onde além do bom desempenho, apresentou características agrônômicas compatíveis com os melhores híbridos comerciais e boa resistência às principais doenças. Nos ensaios realizados, apresentou melhor comportamento nos ambientes abaixo de 700 m de altitude e nos ambientes desfavoráveis, com boa estabilidade de produção. O desempenho do BRS 1035 na safrinha pode variar muito com as condições climáticas, de modo que os plantios de sequeiro, podem ser considerados arriscados. Esse híbrido pode ser cultivado nas regiões centro-oeste, sudeste e meio norte. A altura média da planta está em torno de 2,23 m com “stand” médio final de 50 a 60 mil plantas por hectare. Possui grãos do tipo semidentado e de cor alaranjada (Parentoni et al., 2005a). Apresenta ciclo precoce.

O híbrido BRS 1031 entrou para o ensaio de Híbridos de Elites da Embrapa Milho e Sorgo pela primeira vez na safra 2002/2003, onde além de ter sido o tratamento mais produtivo, apresentou características agrônômicas compatíveis com os melhores híbridos comerciais e boa resistência às principais doenças. Apresentou bom comportamento tanto nos ambientes acima e abaixo de 700 m de altitude, bem como nos ambientes favoráveis e desfavoráveis, com excelente estabilidade de produção. A altura média da planta está em torno de 2,06 m com “stand” médio final de 50 a 60 mil plantas por hectare. Possui grãos do tipo semidentado e de cor alaranjada (Parentoni et al., 2005b). Apresenta ciclo precoce.

O BRS 1001 foi o primeiro híbrido simples de milho lançado pela Embrapa. Possui alta produtividade, estabilidade de produção e apresenta grãos do tipo duro de cor alaranjada. Seu porte é baixo, altura em torno de 2,20 m e por isso apresenta boa resistência ao acamamento e quebramento, além de adaptação a várias regiões. Seu ciclo

é precoce e suas espigas bem empalhadas. É indicado para a produção de grãos e silagem (Embrapa, 2008).

A semeadura foi realizada em 9 de dezembro de 2006, utilizando-se 350 kg por hectare da fórmula do adubo N-P-K 08-28-16 e foi feita adubação de cobertura com 100 kg por hectare de ureia de acordo com a análise de solo. Foi utilizado um herbicida sistêmico constituído de S-metolacoloro e Terbutilazina para controle de plantas invasoras como gramíneas e dicotiledôneas anuais.

Os híbridos foram cortados rente ao solo e picados, com auxílio de ensiladeira, e imediatamente ensilados em tambores metálicos com capacidade para 200 litros cada, revestidos internamente com sacos plásticos. O material foi compactado sob pisoteio e os tambores foram vedados com auxílio de travas nas tampas. Foram utilizados 15 tambores para cada híbrido em cada estádio de maturação, totalizando 135 tambores. Os tambores foram conduzidos às dependências do departamento de Zootecnia da Escola de Veterinária da UFMG onde permaneceram em repouso à temperatura ambiente até a abertura durante o procedimento experimental e as análises laboratoriais.

O ensaio de consumo e digestibilidade aparente foi conduzido nas dependências do departamento de Zootecnia da Escola de Veterinária da UFMG, em Belo Horizonte – MG.

Para a avaliação das silagens dos três híbridos de milho (BRS 1035, BRS 1031 e BRS 1001) em três estádios de maturação (pastoso, farináceo e farináceo duro) foram utilizados quarenta e cinco carneiros adultos, machos, castrados, sem raça definida, com peso metabólico médio de 17,8 Kg apresentando um coeficiente de variação de 15,06%, sendo cinco carneiros por tratamento.

Os animais foram pesados, vermifugados e casqueados antes de serem alojados individualmente em gaiolas metabólicas localizadas em uma sala, com ventilação lateral e exaustores, do Laboratório de Metabolismo e Calorimetria Animal - LAMCA da Escola de Veterinária da UFMG. Cada gaiola recebeu uma etiqueta de identificação do tratamento a ser fornecido e do número do animal, escolhido aleatoriamente. As gaiolas eram confeccionadas em cantoneira de ferro, nas dimensões de 1,50m x 0,80m, com piso ripado de madeira e telas laterais, dispoendo de comedouro e bebedouro de aço inoxidável e saleiro de PVC. Diariamente a sala e as gaiolas foram higienizadas.

Durante o período de adaptação, as silagens de milho foram fornecidas *ad libitum*, como único alimento, duas vezes ao dia (7:00 e 17:00). Diariamente a água era trocada pela manhã e reabastecia-se o saleiro com sal mineral específico para ovinos. As sobras foram pesadas diariamente antes do trato da manhã para que o consumo de silagem pelos animais fosse registrado e monitorado. A quantidade de alimento oferecido era ajustada para proporcionar 20% de sobras no cocho. Após 20 dias de adaptação às dietas, o consumo estabilizou-se, possibilitando o início do período experimental.

Durante a fase experimental, os animais foram alimentados com quantidade de silagem que permitisse 20% de sobras no cocho, sendo também fornecido água e mistura mineral comercial para ovinos *ad libitum*. Os animais foram pesados no início e ao final do experimento. Durante os cinco dias de coleta de amostras, os animais foram alimentados duas vezes por dia, às 7 e as 17 horas, sendo recolhida uma amostra de aproximadamente 2 kg do material oferecido por dia. As sobras foram recolhidas diariamente pela manhã e pesadas. As fezes foram pesadas, amostrados 20% do peso total diário. A urina foi coletada em baldes coletores adicionados diariamente 100 ml de ácido clorídrico 2N, para que não houvesse volatilização de nitrogênio urinário ou decomposição. Foi amostrado 20% do volume urinário de cada carneiro por dia de coleta. Todas as amostras foram etiquetadas e armazenadas em câmara fria à -17°C.

As amostras dos materiais colhidos (oferecidos, sobras, fezes e urina) foram descongeladas por 24 horas à temperatura ambiente. Posteriormente, as amostras referentes aos cinco dias de colheita do mesmo carneiro, foram homogeneizadas e retirada uma amostra composta representativa. As análises laboratoriais foram realizadas no laboratório de nutrição animal da Embrapa Gado de Leite (CNPGL), em Juiz de Fora, Minas Gerais.

Posteriormente, as amostras compostas foram pré secadas em estufa a 55°C por 72 horas e, moídas em moinho estacionário, com peneira de 1,0 mm. Foram determinados os teores de matéria seca (MS) em estufa a 105°C e material mineral (MM) em mufla a 600°C (AOAC, 1980), a proteína bruta (PB) a partir da determinação do conteúdo de nitrogênio (N) pelo método de Kjeldahl (AOAC, 1995), e as frações fibrosas, foram determinadas pelo método seqüencial de Van Soest et al. (1991), com adição 2 mL de amilase termo-resistente, e a energia bruta (EB) por combustão em bomba calorimétrica adiabática modelo PARR 2081 (AOAC, 1995). Os valores de celulose foram obtidos pela diferença entre as frações de fibra em detergente ácido (FDA) e lignina e cinzas insolúveis. E os valores de hemiceluloses foram obtidos pela diferença entre fibra em detergente neutro (FDN) e a FDA. Na urina foram determinados os teores de energia bruta, nitrogênio e proteína bruta, seguindo as metodologias mencionadas. Os pesos diários das dietas oferecidas e das sobras, registrados durante o período experimental e os resultados das análises laboratoriais foram utilizados para o cálculo de consumo de matéria seca e dos nutrientes.

A avaliação do consumo de matéria seca (CMS) das silagens foi determinada pela diferença entre a quantidade de alimento fornecido aos animais e quantidade de sobras no cocho, em Kg de matéria natural (MN), considerando separadamente o teor de matéria seca (%MS) do oferecido e das sobras.

$$\text{CMS} = [(\text{Kg Oferecido (MN)} \times \% \text{MS Oferecido})/100] - [(\text{Kg Sobras (MN)} \times \% \text{MS Sobras})/100]$$

Os consumos de proteína bruta (CPB), de fibra em detergente neutro (CFDN), de fibra em detergente ácido (CFDA), de celulose (CCEL) de hemiceluloses (CHCEL) e de lignina (CLIG) foram determinados segundo a equação:

$$\text{Consumo} = [(\text{kgOF} \times \% \text{OF})/100] - [(\text{kgSB} \times \% \text{SB})/100]$$

Em que:

kgOF = quantidade de dieta oferecida, em kg de MS;

%OF = concentração do nutriente na dieta oferecida, em % da MS;

kgSB = quantidade de sobras retiradas, em kg de MS;

%SB = concentração do nutriente nas sobras, em % da MS.

Para a determinação dos coeficientes de digestibilidade foram utilizados os dados de consumo e produção fecal. As digestibilidades aparentes da matéria seca (DAMS) e da proteína bruta (DAPB), e a digestibilidade verdadeira da fibra em detergente neutro (DFDN), da fibra em detergente ácido (DFDA), da celulose (DCEL) e das hemiceluloses (DHCEL) foram obtidas conforme metodologia utilizada por Maynard et al. (1984), segundo a equação:

$$\text{DA} = \frac{\text{OF} - \text{SB} - \text{FZ}}{\text{OF} - \text{SB}} \times 100$$

Em que:

OF = [quantidade de alimento oferecido (Kg de MS)] x [teor do nutriente no oferecido (% da MS)]/100

SB = [quantidade de sobras retiradas (Kg de MS)] x [teor do nutriente nas sobras (% da MS)]/100

FZ = [quantidade de fezes coletadas (Kg de MS)] x [teor do nutriente nas fezes (% da MS)]/100

O nitrogênio ingerido foi obtido pela diferença entre a quantidade de nitrogênio na silagem oferecida e a quantidade de nitrogênio nas sobras. Para o cálculo do balanço de nitrogênio, ou nitrogênio retido, foram utilizados os valores de nitrogênio (N) consumido, nitrogênio fecal e nitrogênio urinário, por meio da equação:

$$\text{N retido} = \text{N ingerido} - (\text{N fecal} + \text{N urinário})$$

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado em desenho fatorial 3x3, sendo três híbridos e três estádios de maturação (idades de corte) e cinco repetições (carneiros).

O modelo matemático utilizado foi:

$$Y_{ij} = \mu + H_i + C_j + (H*C)_{ij} + e_{ij}$$

em que,

Y_{ij} = observação da variável resposta do híbrido “i” no estádio de maturação “j”

μ = média geral

H_i = efeito do híbrido; i= BRS 1035, BRS 1031 e BRS 1001

C_j = efeito do estádio de maturação; j= leitoso, pastoso e farináceo

$(H*C)_{ij}$ = efeito da interação híbrido x estádio de maturação

e_{ij} = erro aleatório do híbrido “i” no estádio de maturação “j”

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância utilizando-se o pacote estatístico SAEG (2007) e as médias comparadas pelo teste SNK ao nível de 5% de probabilidade ($P < 0,05$).

3.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.4.1 Composição química das silagens de três híbridos de milho colhidos em três pontos de corte

Para os valores de matéria seca, todos os híbridos apresentaram um comportamento semelhante quanto ao avançar da idade e aumento nos teores de matéria seca, sendo a variação de 23,73 a 35,08% de MS (Tabela 1).

Veiga (2008), avaliando as silagens dos mesmos híbridos do presente estudo colhidos nas mesmas épocas, observou um aumento nos teores de matéria seca com o avançar da idade, sendo a variação de 25,34 a 40,59%. Apesar da variação da proporção dos constituintes da planta (espiga e folhas) não ter sido significativa, os teores de matéria seca desses dois constituintes aumentaram com o avançar da idade da planta.

Segundo Nussio (1991), o ponto ideal para ensilagem está entre 33 e 37% de MS, já para Pizarro e Andrade (1978), entre 30 e 38% de MS. Assim, para todos os híbridos, apenas o corte pastoso apresenta valores fora da faixa de MS recomendada, sendo os valores um pouco abaixo. Porém, Veiga (2008) avaliando os mesmo híbridos, encontrou

valores de pH e nitrogênio amoniacal das silagens produzidas no estágio pastoso dentro das faixas ideais, indicando que mesmo colhidas com teores de MS mais baixos (variando de 25,34 a 27,86% de MS), ocorreu uma boa fermentação do material nos silos.

Tabela 1. Valores de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), hemiceluloses (HEM), celulose (CEL) e lignina (Lig) em porcentagem da MS das silagens de três híbridos de milho colhidos nos pontos pastoso, farináceo e farináceo-duro.

| Híbridos | Composição química | | | | | | |
|-----------------|--------------------|------|-------|-------|-------|-------|------|
| | MS | PB | FDN | FDA | HEM | CEL | Lig |
| BRS 1035 | | | | | | | |
| Pastoso | 23,96 | 7,03 | 61,68 | 34,02 | 27,66 | 29,58 | 4,39 |
| Farináceo | 30,45 | 5,18 | 59,81 | 33,16 | 26,65 | 28,87 | 4,44 |
| Farináceo-duro | 35,08 | 5,97 | 64,69 | 34,74 | 29,95 | 29,91 | 4,69 |
| BRS 1031 | | | | | | | |
| Pastoso | 23,73 | 8,06 | 54,86 | 31,81 | 23,05 | 27,68 | 4,01 |
| Farináceo | 30,91 | 6,38 | 51,96 | 27,45 | 24,51 | 23,80 | 3,27 |
| Farináceo-duro | 32,57 | 6,50 | 52,66 | 29,11 | 23,55 | 25,54 | 3,55 |
| BRS 1001 | | | | | | | |
| Pastoso | 24,49 | 6,29 | 56,00 | 30,75 | 25,25 | 27,10 | 4,01 |
| Farináceo | 27,80 | 6,85 | 53,59 | 29,84 | 23,75 | 25,72 | 4,14 |
| Farináceo-duro | 32,62 | 5,85 | 54,16 | 27,62 | 26,54 | 23,99 | 3,70 |

Segundo Phipps e Weller (1979), o avanço da maturidade da planta de milho está relacionado com o aumento dos teores de MS e com o aumento da relação espiga:colmo à partir da translocação de nutrientes para os grãos. Assim, os teores de MS da planta aumentam 0,5% por dia após o estágio de grãos leitosos (Nussio e Monzano, 1999).

Os teores de PB variaram de 5,18 a 8,06%. Apenas as silagens dos híbridos BRS 1035 e BRS 1031 cortados no estágio pastoso apresentaram concentrações superiores a 7,0% de PB, o qual é considerado por Van Soest (1994) como o mínimo necessário para o adequado desenvolvimento dos microrganismos ruminais, garantindo boa degradação do alimento ingerido. Deve-se interpretar com critério as concentrações de PB nas silagens, pois este parâmetro não leva em consideração as alterações na fração nitrogenada, que podem ser significativas ao final do processo fermentativo (McDonald et al., 1991). Ferreira et al. (2011), avaliando 10 cultivares de milho, encontraram valores de PB variando de 6,03 a 8,72%. No entanto, Vilela et al. (2008), avaliaram a composição bromatológica das silagens de quatro cultivares de milho colhidos em cinco estádios de maturidade de acordo com o enchimento dos grãos (sem a linha do leite, um terço da linha do leite, metade da linha do leite, dois terços da linha do leite e formação da camada negra). Os autores observaram uma variação nos teores de PB de 7,3 a

11,2%. A porcentagem de PB, em todas as silagens, reduziu de acordo com o avanço no estágio de maturação das plantas. A maior porcentagem de PB foi encontrada no ponto sem a formação da linha do leite, o que segundo o autor, está relacionado ao fato das silagens das cultivares apresentarem neste estágio de corte menor porcentagem de MS, além de maior participação de folhas, o que proporciona maior porcentagem de PB, visto que a maior parte da PB se encontra nas folhas.

Os teores de FDN variaram de 51,96 a 64,69%. O comportamento dos híbridos de acordo com a idade de corte variou para os teores de FDN. Para os híbridos BRS 1031 e BRS 1001, o corte no ponto pastoso apresentou os maiores valores de FDN, seguidos pelos corte farináceo-duro e farináceo. Já para o híbrido BRS 1035, o maior valor de FDN encontrado foi para o ponto de corte farináceo-duro, seguido dos pontos pastoso e farináceo.

Antunes et al. (2006) avaliando as silagens de seis genótipos de milho colhidos no estágio de maturação fisiológica de $\frac{3}{4}$ da linha do leite, encontraram valores de FDN variando de 51,0 a 53,9%, valores próximos aos encontrados no presente estudo. Já Vilela et al. (2008), avaliando as silagens de quatro cultivares de milho colhidos em cinco pontos de corte, de um modo geral, encontraram um aumento nos teores de FDN à medida que se avançou o estágio de maturação (41,9 a 58,8%). Em alguns estudos foi observada redução nos teores de FDN com o avançar do estágio de maturação, devido a maior participação de grãos com o avanço do estágio de maturação (Cabral et al., 2002).

Veiga (2008) avaliando os mesmos híbridos do presente estudo colhidos nos mesmos estádios de maturidade, não observou variações entre as proporções de folhas, colmos e espigas nas silagens dos híbridos com o avançar da maturidade, o que pode ajudar a explicar essa pequena variação observada no presente experimento.

Os valores de FDA variaram de 27,45 a 34,74%. Os valores de FDA para os híbridos em cada corte acompanharam o mesmo comportamento que os valores de FDN. Antunes (2001), que encontrou valores de FDA para as silagens de milho variando de 27,31 a 29,75%. No entanto, Vilela et al. (2008), avaliaram as silagens de quatro cultivares de milho em cinco pontos de colheita, e encontraram teores de FDA variando de 22,19 a 31,6%. Os autores não observaram redução nos teores de FDA com o avançar da maturidade da planta, possivelmente em virtude da tendência de lignificação com o avançar do estágio de maturação. Fancelli e Dourado Neto (2000) consideraram que os valores ideais de FDA para silagens de milho está em torno de 30%, sendo que os valores obtidos no presente estudo estão dentro dessa observação. A FDA é um indicador de digestibilidade da silagem, por apresentar maior porção de lignina que é a fração indigestível da fibra. Lavezzo et al. (1997), observaram redução nos teores de FDA (de 37,7 para 30,0%) com o avançar do estágio de maturação, provavelmente devido a maior participação de grãos no material ensilado.

Os valores de hemiceluloses variaram de 23,05% a 29,95%. Pôssas (2007) avaliando quatro silagens de milho com diferentes graus de vitreosidade, encontrou valores de hemiceluloses variando de 21,24 a 31,18%, valores próximos do presente estudo.

Para celulose, ocorreu variação de 23,80 a 29,91%. Ferreira et al. (2011), avaliando a composição química de dez híbridos de milho, encontraram valores de celulose variando de 17,78 a 22,71%, sendo esses valores inferiores aos encontrados no presente estudo. Para Valadares Filho et al. (2006), o valor médio de celulose para silagem de milho é de 24,94%, sendo esse valor próximo aos observados no presente estudo.

Para lignina, os valores observados variaram de 3,27 a 4,69%. Esses valores foram semelhantes aos valores encontrados por Pôssas (2007), que obteve variação de 3,32 a 4,09% para as silagens dos quatro híbridos estudados. Vilela et al. (2008) observou variação dos teores de lignina nas quatro cultivares de milho avaliadas em cinco pontos de corte, de 3,6 a 5,6%, como resultado da tendência de lignificação com o avanço do estágio de maturação. Segundo o mesmo autor, os maiores teores de lignina foram encontrados no material que apresentou menor proporção de grãos.

3.4.2 Consumo e digestibilidade aparente da matéria seca

Os consumos de matéria seca por unidade de tamanho metabólico (CMS/UTM) variaram de 43,36 a 62,02 g/UTM/dia (tabela 2). Não houve diferença no CMS/UTM para os carneiros alimentados com as silagens colhidas nos diferentes estádios para os híbridos BRS 1035 e BRS 1031 ($P>0,05$). Porém, para as silagens do híbrido BRS 1001, os animais que receberam a silagem colhida no ponto farináceo apresentaram menor CMS/UTM em relação aos animais que receberam as silagens colhidas nos outros pontos de corte ($p<0,05$). Os animais que receberam as silagens do híbrido BRS 1001 no estágio pastoso apresentaram maior CMS/UTM em relação aos animais que foram alimentados com as silagens dos outros híbridos colhidos no mesmo ponto.

Considerando-se a necessidade de consumo mínimo para manutenção de ovinos adultos de 46 g/dia por $\text{kg}^{0,75}$, pelo AFRC (1993), apenas os animais que consumiram as silagens do híbrido BRS 1035 colhida no estágio pastoso não obtiveram o valor mínimo. Já se for considerado o valor de 53,19 g/dia por $\text{kg}^{0,75}$ recomendado pelo NRC (1985), apenas os animais que consumiram a silagem do híbrido BRS 1035 colhido no estágio farináceo-duro, as silagens do híbrido BRS 1031 colhidas nos pontos farináceo e farináceo-duro e as silagens do híbrido BRS 1001 colhidas nos pontos pastoso e farináceo-duro obtiveram consumos satisfatórios.

Ribas (2006), avaliando os consumos e as digestibilidades aparentes em carneiros alimentados com as silagens de quatro híbridos de milho com diferentes graus de vitreosidade, observou uma variação no CMS/UTM de 61,17 a 68,10 g/dia, sendo esses valores superiores aos encontrados no presente estudo. Cassuce et al. (2010), avaliando os consumos e as digestibilidades aparentes em ovinos alimentados com silagem de

milho ou silagem de capim elefante, encontraram valores de CMS/UTM de 48,89 g/UTM/dia para a silagem de milho, valores próximos aos encontrados no presente estudo. Mizubuti et al. (2002), avaliando os consumos e as digestibilidades aparentes das silagens de milho, sorgo e girassol, encontraram CMS/UTM para os carneiros alimentados com silagem de milho de 63,24, de sorgo 48,06 e de girassol 62,25 g/UTM/dia, de forma que os valores de CMS/UTM para os animais que receberam silagem de milho foram superiores aos obtidos no presente estudo.

Tabela 2 – Valores médios de consumo de matéria seca em g/UTM/dia (CMS/UTM), digestibilidade aparente da matéria seca (DAMS) em porcentagem (%) e consumo da matéria seca digestível em g/UTM/dia (CMSD/UTM) das silagens de três híbridos de milho colhidos em três épocas.

| Híbridos | Corte | Parâmetros | | |
|----------|----------------|------------|----------|----------|
| | | CMS/UTM | DAMS | CMSD/UTM |
| BRS 1035 | Pastoso | 43,36 B | 57,45 | 24,61 B |
| | Farináceo | 46,60 | 55,33 B | 25,94 |
| | Farináceo-duro | 54,25 | 56,47 | 30,60 |
| BRS 1031 | Pastoso | 49,85 B | 57,85 | 28,75 B |
| | Farináceo | 54,00 | 61,21 AB | 32,88 |
| | Farináceo-duro | 53,17 | 56,59 | 29,90 |
| BRS 1001 | Pastoso | 62,02 Aa | 60,95 | 37,81 Aa |
| | Farináceo | 47,04 b | 64,10 A | 30,07 b |
| | Farináceo-duro | 61,51 a | 57,85 | 35,66 ab |
| CV (%) | | 14,81 | 8,27 | 15,78 |

Médias seguidas por letras maiúsculas diferentes na mesma coluna apresentam diferença entre os cortes dos diferentes híbridos pelo teste SNK ($P < 0,05$). Letras minúsculas na mesma coluna diferem entre os cortes de um mesmo híbrido. CV = Coeficiente de variação.

Os valores das digestibilidades aparentes da matéria seca (DAMS) variaram de 55,33 a 64,10%, sendo que não houve diferença nas DAMS para as silagens dos híbridos avaliados com o avançar da maturidade da planta. Comparando-se as silagens dos híbridos colhidas no ponto farináceo, a silagem do híbrido BRS 1001 apresentou valor superior da DAMS (64,10%) em relação a silagem do híbrido BRS 1035, já o valor de DAMS da silagem do híbrido BRS 1031 foi intermediário e não diferiu das demais ($P > 0,05$). Com o avançar da idade da planta, ocorre redução da digestibilidade das frações fibrosas, e concomitantemente, aumento do acúmulo de carboidratos nos grãos, de forma que, a redução da digestibilidade da fibra pode ter sido compensada pelo aumento do teor de carboidratos nos grãos, não alterando assim os valores de DAMS com o avançar da maturidade da planta.

Rossi Junior et al. (2006), avaliaram as digestibilidades aparentes da matéria seca das silagens de dois híbridos de milho cortados em duas alturas, e observaram uma variação na DAMS de 63,69 a 73,55%, sendo esses valores acima dos encontrados no presente estudo. Ribas (2006) observou valores de DAMS variando de 64,54 a 70,69, acima dos

valores encontrados no presente estudo, para as silagens de quatro híbridos de milho com diferentes graus de vitreosidade. Já Freitas (2002) encontrou valores de DAMS para as silagens de milho variando de 61,50 a 63,93%, sendo esses valores próximos aos encontrados no presente estudo. Moreira et al. (2001), avaliando os consumos e as digestibilidades aparentes de silagem de milho, feno de alfafa e coast cross, em ovinos, observaram DAMS de 46,59, 56,47 e 48,92%, respectivamente, sendo o valor encontrado para silagem de milho abaixo dos valores encontrados no presente experimento.

Assim, pode-se observar que os resultados de CMS/UTM e DAMS do presente estudo foram inferiores aos resultados dos diversos estudos que também avaliaram silagem de milho citados acima. Foi observada baixa produção de grãos nas silagens avaliadas, de forma que possa ter levado a uma baixa ingestão de carboidratos não fibrosos (CNF), fazendo com que haja baixo crescimento microbiano, e conseqüente baixa DAMS, maior tempo de retenção dos alimentos no rúmen e baixo CMS/UTM.

Os consumos de matéria seca digestível por unidade de tamanho metabólico (CMSD/UTM) variaram de 24,61 a 37,81g/UTM/dia. As variações dos valores de CMSD/UTM para as silagens dos híbridos colhidos em três estádios de maturidade acompanharam o mesmo comportamento do CMS/UTM, de forma que os carneiros alimentados com as silagens dos híbridos BRS 1035 e BRS 1031 não apresentaram diferenças no CMSD/UTM para as silagens colhidas nos estádios de maturidade avaliados. Os carneiros alimentados com a silagem do híbrido BRS 1001 colhido no ponto pastoso apresentaram maior CMSD/UTM (37,81g/dia/UTM) em relação aos alimentados com a silagem colhida no estádio farináceo ($p < 0,05$), e o CMS/UTM da silagem colhida no estádio farináceo dura não diferiu das demais. Para as silagens dos diferentes híbridos colhidas no estádio pastoso, os animais alimentados com a silagem do híbrido BRS 1001 apresentaram maior CMSD/UTM em relação aos demais ($p < 0,05$).

Ribas (2006) observou um CMSD/UTM variando de 40 a 45,8 g/UTM/dia para as silagens de quatro genótipos de milho com diferentes graus de vitreosidade, valores superiores aos encontrados no presente estudo.

Para as silagens dos híbridos BRS 1035 e BRS 1031 não foram verificadas diferenças nos parâmetros de consumo e digestibilidade da matéria seca para as silagens colhidas nos diferentes pontos de maturidade. Como pode ser visto na tabela 2, as frações fibrosas apresentaram valores próximos com o avançar da maturidade, sendo que o teor de FDN é o principal componente relacionado ao consumo de MS.

3.4.3 Consumo e digestibilidade aparente da proteína bruta e balanço de nitrogênio

O consumo de proteína bruta por unidade de tamanho metabólico (CPB/UTM) variou de 2,39 a 4,27 g/dia/UTM (tabela 3). Avaliando-se o consumo dos carneiros alimentados com as silagens de cada híbrido nos diferentes estádios de maturidade, os animais que receberam as silagens do híbrido BRS 1035 apresentaram maior CPB/UTM para as silagens colhidas nos pontos pastoso e farináceo-duro. Embora não tenha havido diferença significativa entre o CMS dos carneiros tratados com as silagens do híbrido BRS 1035 colhidas nos três pontos estudados, a silagem colhida no ponto farináceo apresentou o menor teor de PB (5,18% de PB), o que pode justificar o menor CPB/UTM apresentado pelos animais. Para as silagens do híbrido BRS 1031, os carneiros alimentados com as silagens colhidas no ponto pastoso apresentaram maior CPB/UTM (4,27 g /dia/UTM) em relação aos animais tratados com as silagens colhidas nos pontos farináceo e farináceo-duro (3,52 e 3,61 g/dia/UTM). Esse maior CPB/UTM para os carneiros tratados com as silagens colhidas no estágio pastoso para o híbrido BRS 1031 em relação as silagens colhidas nos outros estádios de maturidade pode estar relacionado ao maior valor de PB encontrado para esse material (8,06% de PB). Já os carneiros alimentados com as silagens do híbrido BRS 1001 apresentaram CPB/UTM médio de 3,62 g/dia. Comparando-se as silagens dos híbridos por estágio de maturidade, no estágio pastoso e farináceo, os carneiros alimentados com as silagens do híbrido BRS 1035 apresentaram menor CPB/UTM em relação aos carneiros alimentados com os demais híbridos. Já em relação às silagens obtidas no estágio farináceo-duro, não houve diferença no CPB/UTM dos carneiros alimentados com as silagens dos diferentes híbridos ($P > 0,05$).

Mizibuti et al. (2002), avaliando os consumos e as digestibilidades aparentes das silagens de milho, sorgo e girassol, observaram CPB/UTM de 8,83, 5,39 e 9,05 g/dia/UTM para os carneiros alimentados com as silagens de milho, sorgo e girassol, respectivamente. Ribas (2006) observou valores de CPB/UTM de 4,55 a 5,04g/dia/UTM para os carneiros alimentados com as silagens de quatro genótipos de milho com diferentes graus de vitreosidade. Os valores encontrados no presente trabalho foram inferiores aos citados anteriormente, sendo que esses baixos valores de CPB/UTM se devem ao baixo CMS observado para os carneiros, como também aos baixos valores de PB encontrados em alguns materiais.

Os valores de digestibilidade aparente da proteína bruta (DAPB) variaram de 13,88 a 47,57%. As silagens dos híbridos apresentaram comportamento diferente com o avançar da maturidade. As silagens do híbrido BRS 1035 colhidas no estágio pastoso apresentaram a maior DAPB (37,83%), seguida pelas silagens colhidas nos estádios farináceo-duro (28,49%) e farináceo (13,88%), respectivamente, apresentando diferença entre os três estádios ($p < 0,05$). Para as silagens do híbrido BRS 1031, a silagem colhida no estágio pastoso apresentou maior DAPB, sendo que não houve diferença ($P > 0,05$) entre os valores de DAPB para as silagens colhidas nos estádios farináceo e farináceo-duro. Para as silagens do híbrido BRS 1001, quando colhidas no estágio farináceo

apresentaram maior DAPB, seguida pelas silagens colhidas no estágio pastoso, e a menor DAPB observada foi para as silagens colhidas no ponto farináceo-duro. Comparando-se as silagens dos híbridos entre os estádios de crescimento, pode-se observar que para as silagens obtidas nos estádios pastoso e farináceo-duro houve uma maior DAPB para as silagens do híbrido BRS 1031 em relação aos demais ($p < 0,05$). Para as silagens colhidas no estágio farináceo, a silagem do híbrido BRS 1035 apresentou menor DAPB em relação as silagens dos híbridos BRS 1031 e BRS 1001. O baixo valor de DAPB observado para a silagem do BRS 1035 colhida no estágio farináceo pode estar relacionado ao menor teor de PB desse material, sendo que para a DAMS esse tratamento também apresentou o menor valor. Além disso, a baixa participação de grãos influencia a baixa digestibilidade dos nutrientes, já que dietas com baixo teor de carboidratos não fibrosos apresentam baixo crescimento microbiano no rúmen.

Tabela 3 – Valores médios de consumo de proteína bruta em g/UTM/dia (CPB/UTM), digestibilidade aparente da proteína bruta (DAPB) em percentagem (%) e consumo de proteína bruta digestível em g/UTM/dia (CPBD/UTM) das silagens de três híbridos de milho colhidos em três épocas.

| Híbridos | Corte | Parâmetros | | |
|----------|----------------|------------|----------|----------|
| | | CPB/UTM | DAPB | CPBD/UTM |
| BRS 1035 | Pastoso | 3,14 Ba | 37,83 Ba | 1,18 Ba |
| | Farináceo | 2,39 Bb | 13,88 Bc | 0,35 Bb |
| | Farináceo-duro | 3,26 a | 28,49 Bb | 0,92 Ba |
| BRS 1031 | Pastoso | 4,27 Aa | 47,57 Aa | 2,03 Aa |
| | Farináceo | 3,52 Ab | 37,60 Ab | 1,31 Ab |
| | Farináceo-duro | 3,61 b | 37,14 Ab | 1,36 A b |
| BRS 1001 | Pastoso | 3,99 A | 31,08 Bb | 1,24 Ba |
| | Farináceo | 3,27 A | 40,34 Aa | 1,32 Aa |
| | Farináceo-duro | 3,60 | 22,83 Bc | 0,84 Bb |
| CV (%) | | 14,57 | 16,53 | 24,47 |

Médias seguidas por letras maiúsculas diferentes na mesma coluna apresentam diferença entre os cortes dos diferentes híbridos pelo teste SNK ($P < 0,05$). Letras minúsculas na mesma coluna diferem entre os cortes de um mesmo híbrido. CV = Coeficiente de variação.

Cassuce et al. (2010) compararam as digestibilidades de silagens de milho e de capim elefante, onde encontraram DAPB de 49,61% para a silagem de milho. Mizubuti et al. (2002) observaram valor de DAPB para silagem de milho de 59,92%. Rossi Junior et al. (2006) observaram para duas silagens de milho cortadas em duas diferentes alturas DAPB variando de 51,80 a 68,05%. Todos esses resultados foram superiores aos resultados encontrados no presente estudo. A baixa DAPB observada no presente estudo, pode ter ocorrido devido aos baixos valores de CPB/UTM em relação aos demais estudos citados, o que pode ter levado a um menor crescimento da flora microbiana no rúmen.

O consumo de proteína bruta digestível por unidade de tamanho metabólico (CPBD/UTM) variou de 0,35 a 2,03 g/dia/UTM. Os carneiros alimentados com a silagem do híbrido BRS 1035 colhido no ponto farináceo apresentaram menor valor de CPBD/UTM em relação aos animais alimentados com as silagens colhidas nos outros dois pontos de colheita ($p < 0,05$). Isso se deve aos baixos teores de PB desse material, associado à baixa DAMS e à baixa DAPB. Para os carneiros alimentados com as silagens do híbrido BRS 1031, houve maior CPBD/UTM para os animais que receberam a silagem colhida no estádio pastoso, já que esses também apresentaram maior CPB/UTM e maior DAPB. Já para as silagens do BRS 1001 os animais alimentados com as silagens colhidas no estádio farináceo-duro apresentaram menor CPBD/UTM, assim como apresentaram menor DAPB. Para as silagens dos diferentes híbridos colhidos no mesmo estádio, no estádio pastoso e farináceo-duro, os animais alimentados com a silagem do híbrido BRS 1031 apresentaram maior CPBD/UTM. No estádio farináceo, os carneiros que receberam a silagem do híbrido BRS 1035 apresentaram menor CPBD/UTM.

A recomendação de consumo de proteína digestível por UTM pelo AFRC (1993) para ovinos em manutenção é de 2,46 g/UTM/dia. Assim, nenhuma das silagens do presente estudo forneceu a quantidade de proteína digestível recomendada para manutenção, podendo ser justificado pela baixa DAPB de todos os materiais e também pelo baixo CMS/UTM da maioria dos materiais, o que indica a necessidade de suplementação com fontes proteicas. De qualquer forma, a digestibilidade aparente da proteína é um parâmetro de valor relativo, pois frequentemente subestima a digestibilidade verdadeira devido à presença do nitrogênio fecal metabólico, particularmente elevado quando o animal consome dietas fibrosas que aumentam a descamação das células da mucosa intestinal (Van Soest, 1994).

Para o N ingerido, os valores variaram de 6,76 a 12,05 g/dia (tabela 4). Não houve diferença nos valores de N ingerido pelos carneiros que receberam as silagens colhidas em diferentes pontos para nenhum dos híbridos avaliados, como também não houve diferença para o N ingerido pelos carneiros alimentados com as silagens dos três híbridos colhidos no mesmo ponto de corte ($P > 0,05$). Para o N fecal, não houve diferença para os carneiros alimentados com as silagens dos híbridos BRS 1035 e BRS 1031 colhidas nos três estádios de maturidade. Os carneiros tratados com as silagens do híbrido BRS 1001, no ponto farináceo apresentaram menor valor de N fecal (5,66g/dia) ($p < 0,05$). Não houve diferença significativa para o N fecal dos animais tratados com as silagens dos híbridos colhidas no mesmo ponto de corte (pastoso, farináceo ou farináceo-duro). Os valores de N fecal variaram de 5,75 a 8,23 g/dia. Em relação ao N urinário, os valores variaram de 1,24 a 2,63 g /dia. Para os carneiros alimentados com as silagens dos híbridos BRS 1035 e BRS 1001 colhidas nos três estádios de maturidade, não houve diferença ($p < 0,05$) na excreção de N urinário. Já os animais tratados com as silagens do híbrido BRS 1031 colhidas no ponto pastoso apresentaram maior excreção de N urinário ($p < 0,05$) em relação aos animais que receberam as silagens colhidas no ponto farináceo-duro, sendo que a excreção de N urinário dos carneiros alimentados com as silagens colhidas no estádio farináceo não diferiu das anteriores ($P > 0,05$). Não

houve diferença significativa na excreção de N urinário pelos carneiros alimentados com as silagens dos híbridos comparando-se um mesmo ponto de colheita.

Tabela 4 – Nitrogênio (N) ingerido, N fecal, N urinário e balanço de nitrogênio em gramas por dia (g/dia) das silagens de três híbridos de milho colhidos em três épocas.

| Híbridos/ corte | Parâmetros | | | | | |
|--------------------|------------|---------|------------|----------|-----------|----------|
| | N ingerido | N fecal | N urinário | N retido | Nret/Ning | Nret/UTM |
| BRS 1035 | | | | | | |
| Pastoso | 9,35 | 5,83 | 2,27 | 1,24Ba | 12,29Ba | 0,06a |
| Farináceo | 6,76 | 5,75 | 1,99 | -0,98Bb | -15,69Bb | -0,06Bb |
| Farináceo-duro | 9,09 | 6,54 | 1,85 | 0,68Ba | 7,87Ba | 0,04Aa |
| BRS 1031 | | | | | | |
| Pastoso | 11,81 | 6,34 | 2,19a | 3,51A | 29,15A | 0,20 |
| Farináceo | 9,81 | 6,16 | 1,51ab | 2,13A | 21,74A | 0,12A |
| Farináceo-duro | 10,14 | 6,28 | 1,24b | 2,61A | 24,30A | 0,14A |
| BRS 1001 | | | | | | |
| Pastoso | 12,05 | 8,14a | 2,63 | 1,03B | 8,34Bab | 0,05a |
| Farináceo | 9,57 | 5,66b | 2,06 | 1,85A | 18,26Aa | 0,09Aa |
| Farináceo-duro | 10,77 | 8,23a | 2,02 | 0,50B | 3,59Bb | -1,42Bb |
| CV (%) | 24,14 | 24,37 | 28,26 | 72,54 | 64,40 | -184,27 |

Médias seguidas por letras maiúsculas diferentes na mesma coluna apresentam diferença entre os cortes dos diferentes híbridos pelo teste SNK ($P < 0,05$). Letras minúsculas na mesma coluna diferem entre os cortes de um mesmo híbrido. CV = Coeficiente de variação.

Os valores de N retido variaram de -0,98 a 3,51 g/dia, de forma que para os carneiros alimentados com a silagem do híbrido BRS 1035 no estágio farináceo, foram observados valores de N retido negativo e inferior aos dos animais alimentados com as silagens colhidas nos outros dois pontos de colheita ($p < 0,05$), sendo que esse baixo valor de N retido se deve à baixa DAPB (13,88%). Não houve diferença nos valores de N retido para os animais alimentados com as silagens dos híbridos BRS 1031 e BRS 1001 colhidas nas diferentes idades ($P > 0,05$). Embora a silagem do BRS 1031 colhida no ponto pastoso tenha apresentado maior DAPB (47,57%), os animais apresentaram também maior excreção de N urinário. Em relação ao BRS 1001, embora os animais suplementados com a silagem colhida no ponto farináceo tenham apresentado menor CMS/UTM, este foi compensado pela maior DAPB e menor perda de N fecal. Para os animais alimentados com as silagens do híbrido BRS 1031 colhidos nos pontos pastoso e farináceo duro, houve maiores valores de N retido ($p < 0,05$) em relação aos animais que receberam as silagens colhidas no mesmo estágio para os demais híbridos, sendo que os animais alimentados com as silagens do híbrido BRS 1035 no ponto farináceo apresentaram valor inferior e negativo de N retido em relação aos animais que receberam as silagens dos demais híbridos colhidos no mesmo estágio de maturidade, de forma que esse comportamento apresentado foi semelhante ao observado para DAPB.

A relação entre N retido e N ingerido (Nret/Ning) variou de -15,69 a 29,15%. Os animais que receberam as silagens do híbrido BRS 1035 colhido no estágio farináceo apresentaram valores inferiores de Nret/Ning em relação as silagens colhidas nos outros estádios. Para as silagens do híbrido BRS 1031, não houve diferença na relação Nret/Ning dos animais alimentados com as silagens colhidas nos diferentes pontos de maturidade. Já os animais alimentados com a silagem do híbrido BRS 1001 apresentaram maior relação Nret/Ning para as silagens colhidas no ponto farináceo em relação a silagem colhida no ponto farináceo-duro ($p < 0,05$), de forma que a relação Nret/Ning dos animais que receberam a silagem colhida no estágio pastoso não diferiu das anteriores. Para a relação entre N retido e N ingerido dos animais que receberam as silagens dos diferentes híbridos colhidos no mesmo estágio de maturidade, observou-se comportamento semelhante ao parâmetro N retido, de forma que os carneiros alimentados com as silagens do híbrido BRS 1031 colhidas nos estádios pastoso e farináceo-duro apresentaram valores superiores as silagens dos demais híbridos colhidos no mesmo estágio ($p < 0,05$). Para as silagens colhidas no estágio farináceo, os animais alimentados com as silagens do híbrido BRS 1035 apresentaram valor de Nret/Ning inferior as silagens dos demais híbridos.

Para o N retido por unidade de tamanho metabólico, os animais que receberam as silagens do híbrido BRS 1035 colhida no ponto farináceo apresentou menor valor de N retido por UTM ($p < 0,05$). Não houve diferença nos valores de N retido entre os carneiros tratados com as silagens do híbrido BRS 1031 colhido nos pontos de corte avaliados ($P > 0,05$). Para os animais que receberam as silagens do híbrido BRS 1001, quando colhidas nos estádios pastoso e farináceo, os animais apresentaram valores superiores em relação aos animais que receberam as silagens colhidas no ponto farináceo-duro ($p < 0,05$). Não houve diferença nos valores de N retido entre os carneiros alimentados com as silagens dos diferentes híbridos colhidos no ponto pastoso. Já para os carneiros alimentados com as silagens colhidas no ponto farináceo, os animais que receberam a silagem do híbrido BRS 1035 apresentaram menor valor ($p < 0,05$), sendo esse valor negativo (-0,06 g/UTM/dia). Para as silagens colhidas no ponto farináceo-duro, os animais que receberam a silagem do híbrido BRS 1001 apresentaram menor valor de N retido por UTM, sendo o valor negativo (-1,42 g /dia/UTM) ($p < 0,05$).

Ribas (2006) observou variação de N ingerido para os carneiros alimentados com as silagens de quatro híbridos de milho com diferentes graus de vitreosidade de 12,99 a 15,46 g/dia, valores acima do presente estudo. Para o N fecal, o autor encontrou uma média de 6,80, valor próximo ao do presente estudo. Para o N urinário, a média observada por Ribas (2006) foi de 2,99 g/dia, valor acima do presente estudo, já que no trabalho de Ribas (2006) a quantidade de N ingerido também foi superior. Assim, a quantidade de N retido variou de 3,03 a 6,21 g/dia, sendo esses valores superiores aos encontrados no presente, sendo positivo para os animais tratados com todos os híbridos avaliados. A média observada para a relação Nretido/Ningerido foi de 32,20%, valores muito superiores aos encontrados no presente estudo. Freitas (2002) encontrou média de 49,66% para a relação Nretido/Ningerido para carneiros alimentados com silagem de milho, também superior ao presente estudo.

Moreira et al. (2001), avaliando os consumos e as digestibilidades aparentes da silagem de milho e dos fenos de alfafa e coast cross, encontraram um balanço do nitrogênio negativo (-2,15 g /dia). Segundo os autores, esse fato pode ser explicado em virtude da perda de peso ocorrida com os carneiros que receberam silagem de milho. No presente experimento, para os carneiros alimentados com as silagens dos híbridos BRS 1035 cortada no ponto farináceo e do híbrido BRS 1001 colhida no ponto farináceo-duro, os valores negativos encontrados podem ser explicados pelo baixo CMS para esses materiais, associados ao baixo teor de PB dos mesmos, resultando em um baixo CPB/UTM. Além do baixo CPB/UTM, esses materiais apresentaram os menores valores de DAPB, resultando assim em um balanço negativo de nitrogênio. Para todos os materiais avaliados no presente experimento, os animais apresentaram manutenção do peso vivo, ou pequenas perdas de peso, muito embora o intervalo do estudo tenha sido pequeno.

Van Soest (1994) sugere uma concentração mínima de 10 mg N-NH₃ / dL de fluido ruminal para promover adequado crescimento microbiano, o que tornou clássica a recomendação de que as dietas fornecidas a ruminantes devem apresentar um mínimo de 7% de PB. Entretanto, alguns trabalhos (Machado, 2010; Mizubiti et al., 2002) têm mostrado que ovinos recebendo dietas com níveis proteicos abaixo desse limite apresentaram balanço de nitrogênio positivo, o que sugere maior eficiência na reciclagem de nitrogênio quando os níveis de proteína na dieta são baixos. Isso pode explicar porque alguns materiais que apresentaram baixo CMS e baixo CPB apresentaram balanço de nitrogênio positivo.

De acordo com Santos (2006), a quantidade de N reciclado para o rúmen é equivalente a 10% a 15% do N ingerido pelo animal. O papel do nitrogênio reciclado no rúmen pode ser quantitativamente importante quando dietas com baixa concentração de proteína são fornecidas aos animais. De acordo com o NRC (1985), animais alimentados com dietas contendo 5% de proteína bruta reciclam 70% da proteína ingerida. Já animais alimentados com dietas com 20% de proteína bruta reciclam 11% da proteína ingerida. Assim, a premissa adotada pelo comitê de que a quantidade de nitrogênio reciclado corresponde a 15% da proteína consumida, pode não estar adequada.

3.4.4 Consumo e digestibilidade das frações fibrosas

O consumo de FDN por UTM variou de 24,62 a 35,24 g/UTM (tabela 5). Para as silagens do híbrido BRS 1035, os animais tratados com as silagens colhidas no ponto farináceo-duro apresentaram o maior valor de CFDN/UTM, de forma que esse material apresentou maior teor de FDN (64,69%). Para as silagens do híbrido BRS 1031, não houve diferença de CFDN/UTM entre as silagens colhidas nos diferentes estádios de maturidade ($P > 0,05$), de forma que não houve diferença no CMS/UTM entre os carneiros alimentados com as silagens colhidas nos diferentes pontos de maturidade, além disso a variação no teor de FDN das silagens foi de 51,96 a 54,86%. Já para as silagens do híbrido BRS 1001, os carneiros alimentados com as silagens colhidas nos estádios pastoso e farináceo-duro apresentaram valores superiores de CFDN/UTM em

relação aos animais que receberam as silagens colhidas no ponto farináceo, acompanhando o mesmo comportamento apresentado para o CMS/UTM. Para as silagens colhidas no ponto pastoso, os carneiros que receberam as silagens do híbrido BRS 1001 apresentaram o maior CFDN/UTM ($p < 0,05$), já que também apresentaram maior CMS/UTM. Para os animais tratados com as silagens colhidas no ponto farináceo, não houve diferença no CFDN/UTM entre as silagens dos diferentes híbridos ($P > 0,05$). Já para as silagens colhidas no ponto farináceo-duro, os carneiros que receberam as silagens dos híbridos BRS 1035 e BRS 1001 apresentaram valores superiores de CFDN/UTM ($p < 0,05$).

Mizubuti et al. (2002) observaram CFDN/UTM de 41,35 g/UTM para ovinos alimentados com silagem de milho, valor um pouco superior ao encontrado no presente estudo. Ribas (2006) observou uma variação no CFDN/UTM de 26,53 a 34,53 g/UTM para ovinos alimentados com as silagens de quatro cultivares de milho com diferentes graus de vitreosidade, resultados próximos aos observados no presente estudo.

Segundo Mertens (1973), o consumo de FDN por ovinos, consumindo forragens com teores de FDN entre 35% e 75%, é de 35 g/UTM/dia, de forma que apenas os animais que receberam a silagem do híbrido BRS 1035 colhida no estágio farináceo-duro atingiram esse consumo (35,24 g/UTM/dia). Dessa forma, a quantidade de FDN consumida não foi o fator responsável pela limitação do consumo de matéria seca nestes materiais, de forma que os baixos níveis de proteína e carboidrato não fibroso nas silagens provocam um baixo crescimento microbiano no rúmen, com conseqüente baixa digestibilidade dos nutrientes e baixo consumo.

Tabela 5 – Valores médios de consumo de FDN em g/UTM/dia (CFDN/UTM), digestibilidade da FDN (DFDN) em percentagem (%) e consumo de FDN digestível em g/UTM/dia (CFDND/UTM) das silagens de três híbridos de milho colhidos em três épocas.

| Híbridos | Corte | Parâmetros | | |
|----------|----------------|------------|----------|-----------|
| | | CFDN/UTM | DFDN | CFDND/UTM |
| BRS 1035 | Pastoso | 26,60 Bb | 53,33 | 13,93 Bb |
| | Farináceo | 27,71 b | 50,15 | 13,96 b |
| | Farináceo-duro | 35,24 Aa | 53,73 A | 18,92 Aa |
| BRS 1031 | Pastoso | 26,65 B | 47,15 | 12,45 B |
| | Farináceo | 26,88 | 49,91 | 12,51 |
| | Farináceo-duro | 27,47 B | 42,20 B | 11,34 B |
| BRS 1001 | Pastoso | 34,24 Aa | 53,07 | 18,17 Aa |
| | Farináceo | 24,62 b | 56,07 | 13,73 b |
| | Farináceo-duro | 33,73 Aa | 48,19 AB | 16,31 Aab |
| CV (%) | | 15,30 | 14,27 | 17,97 |

Médias seguidas por letras maiúsculas diferentes na mesma coluna apresentam diferença entre os cortes dos diferentes híbridos pelo teste SNK ($P < 0,05$). Letras minúsculas na mesma coluna diferem entre os cortes de um mesmo híbrido. CV = Coeficiente de variação.

Quanto à digestibilidade da fibra em detergente neutro (DFDN), os valores variaram de 42,20 a 56,07%. A DFDN média observada foi de 52,40%, 46,42% e 52,44% para as silagens dos híbridos BRS 1035, BRS 1031 e BRS 1001, respectivamente. Para as silagens colhidas no ponto farináceo-duro, a silagem do híbrido BRS 1035 apresentou valor de DFDN ($p < 0,05$) superior as silagens do híbrido BRS 1031, sendo que o BRS 1001 apresentou valor de DFDN intermediário ($P > 0,05$).

Moreira et al. (2001) observaram DFDN para de silagem de milho de 41,22%. Cassuce et al. (2010), avaliando a digestibilidade aparente das silagens de milho e de capim elefante observaram valores de DFDN de 41,52 e 43,12, respectivamente. Esses valores estão próximos aos limites mínimos encontrados no presente estudo. Já Mizubuti et al. (2002), observaram valores de DFDN para silagem de milho de 50,89%.

O consumo de CFDND/UTM variou de 11,34 a 18,92 g/UTM/dia. Para os carneiros alimentados com as silagens do híbrido BRS 1035, houve maior CFDND/UTM para os carneiros tratados com as silagens colhidas no ponto farináceo-duro ($p < 0,05$). Para os carneiros tratados com as silagens do híbrido BRS 1031, não houve diferença no CFDND/UTM entre os animais que receberam as silagens colhidas nos diferentes pontos de colheita ($P > 0,05$). Já em relação às silagens do híbrido BRS 1001, os animais alimentados com as silagens colhidas no ponto pastoso apresentaram maior CFDND/UTM em relação aos animais que receberam as silagens colhidas no ponto farináceo, sendo que o CFDND/UTM do animais alimentados com as silagens obtidas no estádio farináceo-duro não diferiu dos demais ($P > 0,05$). Comparando-se as silagens dos diferentes híbridos colhidas no ponto pastoso, os carneiros alimentados com as silagens do híbrido BRS 1001 apresentaram maior CFDND/UTM. Já para as silagens colhidas no estádio farináceo, não houve diferença no CFDN/UTM ($P > 0,05$). Para as silagens colhidas no ponto farináceo-duro, os carneiros que receberam as silagens do híbrido BRS 1031 apresentaram o menor valor para o CFDFD/UTM ($p < 0,05$). Ribas (2006) observou valores de CFDND/UTM variando de 10,11 a 21,45 g/dia/UTM para ovinos alimentados com as silagens de quatro cultivares de milho com diferentes graus de vitreosidade, valores próximos aos do presente estudo.

O CFDA/UTM variou de 13,68 a 18,76 g/UTM/dia (tabela 6). Os animais que foram alimentados com a silagem do híbrido BRS 1035 colhido no ponto farináceo-duro apresentaram maior CFDA/UTM (18,76 g/UTM/dia) que aos animais tratados com as silagens do mesmo híbrido colhido nos demais estádios. Já para as silagens do híbrido BRS 1031 não houve diferença no CFDA/UTM entre os animais alimentados com as silagens colhidas nos diferentes estádios de maturidade ($P > 0,05$), de forma que não houve diferença no CMS/UTM entre os carneiros alimentados com as silagens colhidas nos diferentes pontos de maturidade, além disso a variação no teor de FDA das silagens foi de 27,45 a 31,81 %. Para os carneiros alimentados com as silagens do híbrido BRS 1001, o CFDA/UTM foi menor para as silagens colhidas no estádio farináceo ($p < 0,05$), assim como ocorreu para o CMS/UTM. Comparando-se as silagens dos diferentes híbridos obtidas no mesmo estádio de maturidade, apenas no ponto de colheita pastoso houve diferença no CFDA/UTM pelos animais, sendo que esse maior CFDA/UTM

observado foi para as silagens do híbrido BRS 1001 ($p < 0,05$), o que também foi observado para o CMS/UTM.

Mizibuti et al. (2002) encontraram valores de CFDA/UTM de 36,57 g/UTM/dia para ovinos recebendo silagem de milho, valores superiores aos encontrados no presente estudo. Ribas (2006) encontrou CFDA/UTM de 16,59 g/UTM/dia.

Para a DFDA, os valores variaram de 44,40 a 56,39%. Para a DFDA das silagens dos híbridos BRS 1035 e BRS 1031 os valores médios observados foram de 50,98 e 47,12%, respectivamente. Para as silagens do híbrido BRS 1001 houve diferença de DFDA entre os diferentes estádios de maturidade, sendo que a silagem colhida no ponto farináceo apresentou maior DFDA em relação a silagem colhida no estágio farináceo-duro, de forma que a silagem colhida no estágio pastoso não diferiu das demais. Mizubuti et al. (2002) observaram DFDA de 64,45% para silagem de milho, valores superiores aos do presente estudo. Rossi Junior et al. (2006) avaliando duas cultivares de milho cortadas em duas diferentes alturas, encontraram valores de DFDA variando de 46,90 a 56,19%, valores semelhantes aos encontrados no presente estudo.

Tabela 6 – Valores médios de consumo de FDA (CFDA) em g/dia, consumo de FDA em g/UTM/dia (CFDA/UTM), digestibilidade da FDA (DFDA) em percentagem (%), consumo de FDA digestível em g/UTM/dia (CFDAD/UTM) e consumo de lignina em g/UTM/dia (CLIG/UTM) das silagens de três híbridos de milho colhidos em três épocas.

| Híbridos | Corte | Parâmetros | | | |
|----------|----------------|------------|----------|-----------|----------|
| | | CFDA/UTM | DFDA | CFDAD/UTM | CLIG/UTM |
| BRS 1035 | Pastoso | 14,27 Bb | 50,86 | 7,13 Bb | 1,75 Bb |
| | Farináceo | 15,20 b | 49,79 | 7,57 b | 2,03 b |
| | Farináceo-duro | 18,76 a | 52,40 | 9,81 Aa | 2,55 Aa |
| BRS 1031 | Pastoso | 15,31 B | 51,46 | 7,82 B | 1,86 B |
| | Farináceo | 14,08 | 45,50 | 6,36 | 1,62 |
| | Farináceo-duro | 15,28 | 44,40 | 6,64 B | 1,83 B |
| BRS 1001 | Pastoso | 18,59 Aa | 51,91 ab | 9,65 Aa | 2,43 Aa |
| | Farináceo | 13,68 b | 56,39 a | 7,69 b | 1,90 b |
| | Farináceo-duro | 17,10 a | 44,44 b | 7,63 Bb | 2,29 Aa |
| CV (%) | | 15,22 | 14,76 | 17,87 | 20,18 |

Médias seguidas por letras maiúsculas diferentes na mesma coluna apresentam diferença entre os cortes dos diferentes híbridos pelo teste SNK ($P < 0,05$). Letras minúsculas na mesma coluna diferem entre os cortes de um mesmo híbrido. CV = Coeficiente de variação.

O CFDAD/UTM oscilou de 6,36 a 9,81 g/UTM/dia. Para as silagens do híbrido BRS 1035, houve maior CFDAD/UTM para os carneiros que receberam as silagens colhidas no ponto farináceo-duro ($p < 0,05$), de forma que também apresentaram menor CFD/UTM. Já para as silagens do híbrido BRS 1001, o maior CFDAD/UTM observado foi para os animais recebendo as silagens colhidas no ponto pastoso ($p < 0,05$), sendo que as silagens colhidas no estágio farináceo apresentaram menor CFD/UTM e as colhidas no

estádio farináceo-duro apresentaram menor valor para DFDA. Para as silagens produzidas no estágio pastoso o maior CFDA/UTM foi para o BRS 1001 ($p < 0,05$), sendo que este híbrido também apresentou maior CFDA/UTM. Para as silagens produzidas no ponto farináceo-duro, os animais que receberam as silagens do híbrido BRS 1035 apresentaram maior CFDA/UTM ($p < 0,05$), sendo que esse material apresentou o maior valor de FDA (34,74%) (tabela1). Ribas (2006) encontrou valores de CFDA/UTM variando de 6,27 a 12,13 g/UTM/dia para ovinos alimentados com as silagens de quatro cultivares de milho com diferentes graus de vitreosidade, valores semelhantes aos encontrados no presente estudo.

O CLIG/UTM oscilou de 1,62 a 2,55 g/UTM/dia. Os carneiros alimentados com a silagem do híbrido BRS 1035 colhida no ponto farináceo-duro apresentaram maior CLIG/UTM, sendo que os animais tratados com as silagens do híbrido BRS 1031 não apresentaram diferença significativa no CLIG/UTM das silagens obtidas nos diferentes estádios. Para os animais alimentados com as silagens do híbrido BRS 1001, houve menores valores de CLIG/UTM quando os animais foram alimentados com a silagem colhida no ponto farináceo em relação aos carneiros alimentados com as silagens colhidas nos demais estádios ($p < 0,05$). Para os carneiros que receberam silagens produzidas no ponto pastoso, os animais tratados com as silagens do híbrido BRS 1001 apresentaram maior CLIG/UTM ($p < 0,05$). Os animais tratados com as silagens colhidas no ponto farináceo não apresentaram diferença no CLIG/UTM dos diferentes híbridos. Em relação as silagens colhidas no ponto farináceo-duro, os carneiros alimentados com a silagem do híbrido BRS 1031 apresentaram valores inferiores de CLIG/UTM em relação aos animais que receberam as silagens dos demais híbridos ($p < 0,05$). Ribas (2006) obteve valores médios de CLIG/UTM as quatro silagens de milho avaliadas de 2,07, valor intermediário aos valores encontrados no presente estudo.

Assim, no presente estudo, os consumos de lignina não foram capazes de interferir na digestibilidade e consumo das frações fibrosas.

3.5 CONCLUSÕES

A partir dos resultados obtidos para consumo e digestibilidade dos nutrientes, pode-se concluir que todas as silagens produzidas podem ser utilizadas na alimentação de ruminantes. Porém, para o híbrido BRS 1035 a silagem quando colhida no estágio farináceo-duro apresentou melhor valor nutricional, enquanto as silagens dos híbridos BRS 1031 e BRS 1001 apresentaram melhor valor nutricional quando colhidas no estágio pastoso.

3.6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGRICULTURAL AND FOOD RESEARCH COUNCIL. Energy and requirements of ruminants. Wallingford, CAB INTERNATIONAL. 1993. 159p.

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, UFMG. Belo Horizonte-MG.

ANTUNES R. C.; REIS, R. B.; GONÇALVES, L. C. et al. Modificações na composição química e padrão de fermentação em silagens de seis híbridos de milho. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*. v.5, n.3, p. 422-430. 2006.

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

ASSOCIATION OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. Official methods of analysis. 13ed. Washington - D.C.: AOAC, 1980, p.1015.

CABRAL, L.S.; VALADARES FILHO, S.C.; DETMANN, E. et al. Cinética ruminal das frações de carboidratos, produção de gás, digestibilidade *in vitro* da matéria seca e ndt estimado da silagem de milho com diferentes proporções de grãos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.31, n.6, p.2332-2339, 2002.

CASSUCE, M. R.; VIEIRA, D. V. G.; CASTRO, T. F.; et al. Consumo de nutrientes, digestibilidade aparente e desempenho de ovinos alimentados com silagens de milho e capim elefante. XIV encontro latino americano de iniciação científica e X encontro Latino americano de pós graduação –Universidade do vale do Paraíba. 2010.

COSTA, R.S. *Características agrônômicas, composição química e qualidade dasilagem de doze cultivares de milho – safra 97/98*. 2000. 35f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Veterinária Belo Horizonte, MG.

EMBRAPA CNPMS. *Cultivares de Milho*. Sete Lagoas: EMBRAPA CNPMS, 2008.

FANCELLI, A.L.; DOURADO NETO, D. *Produção de milho*. Guaíba: Agropecuária, 2000. 360p.

FERREIRA, G. D. G.; BARRIÈRE, Y.; EMILE, J.C.; et al. Valor nutritivo da silagem de dez híbridos de milho. *Acta Scientiarum. Animal Science*. v.33, n.3, p. 255-260. 2011.

FREITAS, G. A. R. *Consumo e digestibilidade aparente das silagens de cinco genótipos de milho (Zea mays L.)*. 2002. 50p. Dissertação (Mestrado em Nutrição

Animal) – Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG.

LAVEZZO, W.; LAVEZZO, O.E.N.M.; CAMPOS NETO, O. Estádio de desenvolvimento do milho. 1. Efeito sobre a produção, composição da planta e qualidade da silagem. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.26, n.4, p.675-682, 1997.

MACHADO, F. S. *Consumo, digestibilidade aparente, participação de energia e produção de metano em ovinos alimentados com silagens de sorgo em diferentes estádios de maturação*. 2010. 107p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais.

MAYNARD, L.A.; LOOSLI, B.S.; HINTZ, H.F. *et al.* Nutrição animal. 3 ed. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1984. 726p.

McDONALD, P.; HENDERSON, A. R.; HERON, S. *The biochemistry of silage*. 2^a ed. Marlow: Chalcombe Publications, 1991. 340p.

MERTENS, D. R. Dietary fiber components: relationship to the rate and extent of ruminal digestion. *Federation Proceedings*, 36, p. 483-488, 1973.

MIZUBUTI, I. Y.; RIBEIRO, E. L. A.; ROCHA, M. A.; *et al.* Consumo e digestibilidade aparente das silagens de milho, sorgo e girassol. *Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia*, v. 31, n. 1, p.267-272, 2002.

MOREIRA, A. L.; PEREIRA, O. G.; GARCIA, R. *et al.* Consumo e digestibilidade aparente dos nutrientes da silagem de milho e dos fenos de alfafa e de capim coastcross, em ovinos. *Rev. Bras. Zootec.* v.30, n.3, p. 1099-1105. 2001.

N. R. C. NATIONAL RESEARCH COUNCIL. *Nutrient Requirements of sheep*. 6. Ed. Washington DC, USA; National Academic Press, 1985, 99p

NUSSIO, L.G. Cultura de milho para a produção de silagem de alto valor alimentício. In: Simpósio sobre Nutrição de Bovinos, IV, 1991, Piracicaba. *Anais....* Piracicaba: FEALQ, 1991. p. 302.

NUSSIO, L.G.; MONZANO, R.P. Silagem de milho. In: Simpósio sobre Nutrição de Bovinos, VII. *Anais....* Piracicaba, FEALQ, 195p. 1999.

PARENTONI, S. N.; PACHECO, C. A. P.; GUIMARÃES, P. E. O.; *et al.* Comunicado técnico 125: BRS 1035 – *Híbrido Simples de Milho*. 1^a Ed. Embrapa Milho e Sorgo: Sete Lagoas. 2005a. 8p.

PARENTONI, S. N.; PACHECO, C. A. P.; GUIMARÃES, P. E. O.; et al. Comunicado técnico 126: BRS 1031 – *Híbrido Simples de Milho*. 1ª Ed. Embrapa Milho e Sorgo: Sete Lagoas. 2005b. 10p.

PEZI, R. A., BAYNS, V. L., PEREIRA, R. C.; et al. Avaliação bromatológica da silagem de quinze híbridos e variedades de milho (*Zea mays* L.) no sul de Minas Gerais (Safrá 2000/01). In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 40, 2003, Santa Maria. *Anais...* Santa Maria: SBZ, 2003. CD-ROM

PHIPPS, R.H.; WELLER, R.F. The development of plant components and their effects on the composition of fresh and ensiled forage maize. 1. The accumulation of dry matter, chemical composition and nutritive value of fresh maize. *Journal of Agricultural Science Cambridge*, v. 92, p. 471-483, 1979.

PIZARRO, E.A.; ANDRADE, N.S. Momento de colheita de uma cultura de milho para silagem. *Informe Agropecuário*. v. 47, n.4, p. 9-11, 1978.

PÔSSAS, F. P. Avaliação da degradabilidade ruminal *in situ* das silagens de milho (*Zea mays*, L.) com diferentes graus de vitreosidade e com perfil de aminoácidos modificado. 2007. 41p. Dissertação (Mestrado) – UFMG, Belo Horizonte.

RIBAS, M. N. Avaliação nutricional de silagens de milho com diferentes graus de vitreosidade e com perfil de aminoácidos modificado. 2006, 61f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Escola de Veterinária, UFMG. Belo Horizonte.

ROOSI JÚNIOR, P.; FUGISAWA, A.C.; SCHOGOR, A. L. B.; MURARO, G. B. Digestibilidade aparente de dois cultivares de milho, cortados em diferentes alturas, submetidos à ensilagem. *Archives of Veterinary Science*. v.11, n.3, p. 58-61. 2006.

SANTOS, F. A. P. Metabolismo de proteínas. In: BERCHIELLI, T. T.; PIRES, A. V. ; OLIVEIRA, S. G. Nutrição de Ruminantes. Jaboticabal: FUNEP. p. 255-284. 2006.

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

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

VAN SOEST, P.J. Symposium on factors influencing the voluntary intake of herbage by ruminants: voluntary intake in relation to chemical composition and digestibility. *J. Anim. Sci.*, v.24, n.3, p.834-843. 1965.

VAN SOEST, P. J., ROBERTSON, J. B., LEWIS, B. A. Methods for dietary fiber and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.*, v.74, n.9, p.3583-3597, 1991

VEIGA, I. R. F. M. *Avaliação agronômica e valor nutritivo das silagens e do rolão de três híbridos de milho colhidos em quatro estádios de maturação*. 2008. 82f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Veterinária Belo Horizonte, MG.

VILELA, H. H.; REZENDE, A. V.; VIEIRA, P. F.; et al. Valor nutritivo de silagens de milho colhido em diversos estádios de maturação. *Ver. Bras. Zootec.* v.37, n.7, p. 1192-1199. 2008.

CAPÍTULO 4 - EXPERIMENTO II

PARTIÇÃO DA ENERGIA E PRODUÇÃO DE METANO ENTÉRICO EM OVINOS ALIMENTADOS COM SILAGEM DE TRÊS HÍBRIDOS DE MILHO COLHIDOS EM TRÊS IDADES

4.1 RESUMO

Objetivou-se com esse experimento determinar a partição de energia em ovinos alimentados com as silagens de três híbridos de milho (BRS 1035, BRS 1031 e BRS 1001) colhidos em três estádios de maturidade (pastoso, farináceo e farináceo-duro) por meio de calorimetria indireta. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado em desenho fatorial 3x3, sendo três híbridos, três estádios de maturidade e cinco repetições (carneiros). Os consumos de energia bruta (CEB) variaram de 182,9 a 262,2 kcal/UTM/dia, de energia digestível (CED) de 103,26 a 152,33 kcal/UTM/dia e de energia metabolizável de 89,09 a 135,64 kcal/UTM/dia. Os animais alimentados com as silagens do híbrido BRS 1035 colhido no ponto farináceo-duro apresentaram maior CEB, CED e CEM. Para os animais alimentados com as silagens dos demais híbridos não houve diferença nos CEB, CED e CEM com o avançar da maturidade da planta. Para o consumo de energia líquida (CEL), os animais alimentados com a silagem do híbrido BRS 1035 colhida no estádio farináceo-duro apresentaram valor superior de CEL em relação aos que receberam a silagem colhida no estádio pastoso, sendo que o CEL dos que receberam a silagem colhida no estádio farináceo não diferiu das anteriores. Quanto as perdas de energia em relação a energia bruta consumida, a energia perdida nas fezes correspondeu a maior perda (37,01 a 45,36%), seguida pelo incremento calórico (IC) (19,59 a 35,56%), metano (4,88 a 6,88%) e urina (0,91 a 2,04%). Os valores de digestibilidade aparente da energia bruta (DAEB) variaram de 54,63 a 63,98%. Os valores de metabolizabilidade variaram de 0,47 a 0,54. Os valores de k_m oscilaram entre 27,52 e 61,43%, de forma que, apenas para as silagens do híbrido BRS 1035 houve diferença nos valores com o avançar da maturidade, sendo que a silagem colhida no estádio pastoso apresentou menor valor de k_m ($p < 0,05$). A relação entre a energia líquida e a energia bruta consumida variou de 13,87 a 33,38. Os valores de energia digestível (ED), energia metabolizável (EM) e energia líquida (EL) variaram de 2,42 a 2,86; 2,12 a 2,54; e 0,61 a 1,56 Mcal/kg de matéria seca ingerida. Para a ED e EM as silagens do híbrido BRS 1031 apresentaram valores superiores quando colhidas no estádio pastoso ($p < 0,05$). Para a EL, as silagens do híbrido BRS 1035 no estádio pastoso apresentaram valores de EL inferiores ($p < 0,05$) aos demais estádios. O consumo diário de O_2 e a produção de CO_2 variaram de 23,0 a 32,06 L/UTM e 21,05 a 27,43 L/UTM, respectivamente. Para as silagens do híbrido BRS 1001, o consumo de O_2 e a produção de CO_2 foram superiores para os animais alimentados com as silagens colhidas no estádio farináceo-duro. A produção de metano variou de 1,15 a 1,74 L/UTM, não havendo diferença significativa entre os tratamentos. A produção de calor variou de 113,62 a 155,84 kcal/UTM. Já os valores de coeficiente respiratório (CR) oscilaram entre 0,83 e 0,94. Não houve variação entre os tratamentos para os parâmetros de produção de metano em L/dia, g/dia, g/kg de matéria seca ingerida e g/kg de matéria seca digestível ingerida. Já em relação a produção de metano em g/kg de fibra em detergente neutro (FDN) ingerido e g/kg de fibra em detergente neutro digestível ingerida, variaram de 33,11 a 48,59 e 57,85 a 122,64, respectivamente. Apenas os animais alimentados com as silagens do híbrido BRS 1001 apresentaram diferenças na produção de metano em relação a FDN e FDN digestível ingerida, de forma que os animais que receberam as silagens no estádio farináceo-duro apresentaram valores superiores ($p < 0,05$). As silagens dos três híbridos avaliados apresentaram baixo consumo de energia líquida para todos os pontos de corte avaliados. A produção de metano e as perdas energéticas não foram influenciadas pelo avanço da maturidade da planta de milho.

Palavras-chave: partição de energia, energia líquida, metano, calorimetria.

4.2 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, devido aos programas de melhoramento genético, tem aumentado muito o potencial dos animais para produção de leite ou carne. Porém, a nutrição animal deve acompanhar essa evolução para que se consiga balancear adequadamente as dietas, de forma que os animais possam expressar todo seu potencial produtivo.

A determinação do conteúdo de energia dos alimentos é de fundamental importância para que se faça os ajustes adequados nas dietas. Porém, a simples mensuração de energia dos alimentos na forma de energia bruta apresenta pouca relação com o aproveitamento real dessa energia pelos animais.

A energia dos alimentos pode ser expressa como energia bruta (EB), energia digestível (ED), energia metabolizável (EM) e energia líquida (EL). Embora esta seja a forma mais correta para expressar a energia útil dos alimentos, a determinação da EL é laboriosa e de elevado custo.

O milho com o avançar da maturidade da planta acumula constituintes da parede celular na parte vegetativa da planta, e também aumenta o acúmulo de amido nos grãos. Assim, para se definir o momento ideal de colheita é importante se conhecer o comportamento de cada híbrido, para que se possa compreender até que ponto o maior acúmulo de amido pode compensar a redução da digestibilidade das frações fibrosas.

Assim, a determinação do teor de energia líquida das forrageiras em suas diferentes idades é de extrema importância, para que se possa definir o melhor momento de fornecimento aos animais.

Objetivou-se com este estudo determinar a partição de energia em ovinos alimentados com silagem de três híbridos de milho colhidos em três estádios de maturidade, pastoso (87 dias), farináceo (94 dias) e farináceo-duro (101 dias), por meio de calorimetria indireta.

4.3 MATERIAL E MÉTODOS

Foram avaliadas as silagens de três híbridos de milho (BRS 1035, BRS 1031 e BRS 1001) colhidos em três estádios de maturação dos grãos (pastoso, farináceo e farináceo-duro), sendo que esses materiais foram obtidos conforme descrito no capítulo 3.

Após a realização do experimento de digestibilidade aparente, iniciou-se o ensaio de respirometria. Foram utilizados os mesmo animais do experimento de digestibilidade aparente descritos no capítulo 3.

Os carneiros foram alimentados uma vez por dia com as silagens de milho correspondentes aos seus respectivos tratamentos, sendo fornecido em torno de 70g de MS/kg de PV^{0,75}, representando um consumo à manutenção dos animais.

Para o ensaio de calorimetria indireta, foram utilizadas 2 câmaras respirométricas de fluxo aberto, confeccionadas com placas de acrílico transparente (6 mm de espessura), com dimensões externas de 1,2 m (largura) x 2,0 m (altura) x 2,1 m (comprimento), localizadas nas dependências do Laboratório de Metabolismo e Calorimetria Animal – LAMCA - da Escola de Veterinária da UFMG.

Cada animal permaneceu por um período de 24 horas em uma gaiola metabólica localizada no interior da câmara respirométrica. Os pesos dos animais foram registrados nos momentos de entrada e saída da câmara. Para evitar excesso de amônia no interior da câmara, foi adicionado 100 mL de HCL 2N dentro do balde coletor de urina.

As silagens de milho foram oferecidas pela manhã, antes do fechamento da câmara para o início da mensuração das trocas gasosas. A partir da mensuração das trocas gasosas, calculou-se a produção de calor dos animais alimentados. As sobras eram pesadas e o consumo registrado. Além da silagem os animais receberam água e mistura mineral *ad libitum*. Após um período de 48 horas em jejum, os animais permaneceram dentro da câmara respirométrica por um período de 24 horas onde receberam apenas água. Após a abertura da câmara, o volume de urina excretado foi mensurado e armazenado, e posteriormente calculada a produção de calor dos carneiros em jejum.

Para o procedimento de calorimetria indireta, foram utilizados os equipamentos e a metodologia descritos por Rodriguez *et al.* (2006). Utilizou-se o sistema de circuito-aberto sendo a entrada de ar do sistema situada no ambiente externo ao laboratório. O fluxo de ar foi ajustado para entrar na câmara a uma taxa constante de 50 litros por minuto (cerca de 1L de ar para cada Kg de peso vivo do animal). O ar contido no interior da câmara era aspirado com auxílio de uma bomba, passando por um tubo de PVC (3,6 cm de diâmetro) a um fluxo constante, controlado por um fluxometro de massa, que corrigiu automaticamente o volume de ar para condições padrões de pressão, temperatura e umidade.

Na saída da câmara havia um filtro para reter as impurezas. Com o auxílio de um ventilador acoplado ao sistema, o ar no interior da câmara, era misturado, possibilitando uma amostragem mais precisa. As amostras de ar, tanto externo como do interior da câmara, eram coletadas alternadamente a cada 5 minutos para a determinação das concentrações de oxigênio (O₂), dióxido de carbono (CO₂) e metano (CH₄) de acordo com metodologia proposta por Chwalibog (2004). Antes de atingir os analisadores de gases, montados em série, o ar passava por um desumidificador (tubo com capacidade de 1L contendo sílica).

No interior da câmara, a temperatura e umidade do ar foram controladas com o uso de ar-condicionado e registradas em momentos pré-estabelecidos (durante a primeira e última leitura).

Diariamente, antes de iniciar o período de mensuração das trocas gasosas do animal, era realizada a calibração dos analisadores de O₂, CO₂ e CH₄, utilizando-se gases de concentrações conhecidas, contidos em cilindros, e o ar externo.

As amostras diárias de alimento oferecido, sobras, fezes e urina, coletadas durante o ensaio de consumo e digestibilidade aparente (Capítulo 3) foram descongeladas durante um período de 14 horas. O teor de matéria pré-seca das amostras de oferecidos, sobras e fezes foi determinado em estufa de ventilação forçada a 55°C por 72 horas. Posteriormente as amostras pré-secas foram moídas em moinho estacionário do tipo Willey, utilizando-se peneira de 1 mm e estocadas à temperatura ambiente em frascos de polietileno com tampa. Foram determinados os teores energia bruta (EB) por combustão em bomba calorimétrica adiabática modelo PARR 2081 (AOAC International, 1995). As amostras de urina dos animais alimentados foram analisadas para determinação de energia bruta e nitrogênio total. As amostras de urina dos animais em jejum foram analisadas para determinação do teor de nitrogênio total.

Durante este período, o animal continuou recebendo a dieta experimental diretamente na câmara respirométrica, uma vez por dia, sendo que o consumo do alimento foi registrado pela diferença da quantidade oferecida e as sobras no cocho. Os resultados das análises laboratoriais (capítulo 3) foram utilizados para o cálculo de consumo de energia bruta, digestível, metabolizável e líquida, segundo a equação:

$$\text{Consumo} = [(\text{kgOF} \times \% \text{OF})/100] - [(\text{kgSB} \times \% \text{SB})]/100$$

Em que:

kgOF = quantidade de dieta oferecida, em kg de MS;

% OF = concentração de energia na dieta oferecida, em % da MS;

kgSB = quantidade de sobras retiradas, em kg de MS;

%SB = concentração de energia nas sobras, em % da MS.

Os resultados das concentrações dos gases e do fluxo de ar eram automaticamente registrados por um *software* específico, que por diferença entre a composição do ar que entrou na câmara e do que saiu, calculou-se o volume (L) de O₂ consumido e de CO₂ e CH₄ produzidos pelos animais. O cálculo da produção de calor foi realizado de acordo com a equação de Brouwer (1965):

$$\text{H (kJ)} = 16,18 \times \text{O}_2 \text{ (L)} + 5,02 \times \text{CO}_2 \text{ (L)} - 5,88 \times \text{N}_u \text{ (g)} - 2,17 \times \text{CH}_4 \text{ (L)}$$

Em que:

H = é a produção de calor;

N_u = é o nitrogênio urinário

Para a transformação dos dados em calorias, utilizou-se como referência o valor de 1 joule correspondente a 0,239 calorias. O quociente respiratório (CR) foi calculado como a razão entre CO₂ produzido (L) e O₂ consumido (L):

$$\text{CR} = \frac{\text{CO}_2 \text{ (L) produzido}}{\text{O}_2 \text{ (L) consumido}}$$

Os valores de energia digestível (ED) foram obtidos a partir da diferença entre a EB dos alimentos, das sobras no cocho e das fezes. Já para energia metabolizável (EM) foram obtidos a partir da diferença entre energia digestível e perdas de energia sob a forma de metano e urina. Para o cálculo da energia perdida na forma de metano, considerou-se o valor de 13,334 Kcal/grama e densidade de 0,7143 gramas/litro.

Do valor de produção de calor observado para o animal alimentado, foram descontados o valor observado para o mesmo animal em jejum, para o cálculo do incremento calórico:

$$\text{IC} = \text{Hal} - \text{Hjj}$$

Em que:

IC = incremento calórico

Hal = Produção de calor pelo animal alimentado

Hjj = produção de calor pelo animal em jejum

Os valores de energia líquida (EL) foram obtidos a partir da diferença entre energia metabolizável e perdas de energia como incremento calórico.

Para a determinação dos coeficientes de digestibilidade aparente da energia bruta foram utilizados os dados de consumo e produção fecal, conforme metodologia utilizada por Maynard *et al.* (1984), segundo a equação:

$$\text{DAEB} = \frac{\text{OF} - \text{SB} - \text{FZ}}{\text{OF} - \text{SB}} \times 100$$

Em que:

OF = [quantidade de alimento oferecido (Kg de MS)] x [teor de EB no oferecido (% da MS)]/100

$SB = [\text{quantidade de sobras retiradas (Kg de MS)}] \times [\text{teor de EB nas sobras (\% da MS)}]/100$

$FZ = [\text{quantidade de fezes coletadas (Kg de MS)}] \times [\text{teor de EB nas fezes (\% da MS)}]/100$

O valor de metabolizibilidade da energia bruta (q_m) foi obtido a partir da seguinte fórmula, de acordo com AFRC (1993):

$$q_m = \frac{CEM \times 100}{CEB}$$

Em que:

CEM = Consumo de energia metabolizável (Kcal/dia);

CEB = Consumo de energia bruta (Kcal/dia).

O valor de eficiência de utilização de energia metabolizável (k_m) foi obtido a partir da seguinte fórmula, de acordo com AFRC (1993):

$$k_m = \frac{EL \times 100}{EM}$$

Em que:

EL = Teor de energia líquida (Kcal/kgMS)

EM = Teor de energia metabolizável (Kcal/kgMS)

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado em desenho fatorial 3x3, sendo três híbridos e três estádios de maturação (idades de corte) e cinco repetições (carneiros), conforme o modelo estatístico:

O modelo matemático utilizado foi:

$$Y_{ij} = \mu + H_i + C_j + (H*C)_{ij} + e_{ij}$$

em que,

Y_{ij} = observação da variável resposta do híbrido “i” no estádio de maturação “j”

μ = média geral

H_i = efeito do híbrido; i= BRS 1035, BRS 1031 e BRS 1001

C_j = efeito do estágio de maturação; j = pastoso, farináceo e farináceo-duro

$(H*C)_{ij}$ = efeito da interação híbrido x estágio de maturação

e_{ij} = erro aleatório do híbrido “i” no estágio de maturação “j”

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância utilizando-se o pacote estatístico SAEG (2007) e as médias comparadas pelo teste SNK ao nível de 5% de probabilidade ($P < 0,05$).

4.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.4.1 Consumo de energia

Para o consumo de energia bruta (CEB), houve variação de 182,90 a 262,20 kcal/UTM/dia (tabela 1). Para o híbrido BRS 1035, houve maior CEB para o ponto de colheita farináceo-duro ($p < 0,05$), sendo que para os carneiros tratados com as silagens dos demais híbridos não houve diferença no CEB entre os pontos de colheita ($P > 0,05$). Conforme o experimento de digestibilidade aparente no capítulo 3, não houve diferença significativa no consumo de matéria seca entre os animais que receberam as silagens colhidas nos diferentes pontos para o híbrido BRS 1035, porém os animais que receberam as silagens colhidas no ponto farináceo-duro apresentaram maior valor de CMS/UTM. Entre os híbridos apenas para os animais que foram alimentados com as silagens colhidas no ponto pastoso houve diferença no CEB, sendo que os alimentados com as silagens do híbrido BRS 1035 apresentaram menor CEB em relação aos que receberam as silagens dos demais híbridos. Assim, como visto no experimento I do capítulo 3, para as silagens colhidas no ponto pastoso, os animais tratados com as silagens dos híbridos BRS 1035 e BRS 1031 apresentaram menor CMS/UTM em relação aos alimentados com as silagens do híbrido BRS 1001 colhido no ponto pastoso.

Machado (2010), avaliando o consumo de energia de ovinos alimentados com as silagens de três híbridos de sorgo colhidos em três diferentes pontos de colheita, observou variação no consumo de energia bruta de 192,94 a 248,31 kcal/UTM/dia, sendo que não houve variação entre os estádios de maturação para os híbridos estudados. Os valores de CEB observados por Machado (2010) para as silagens de sorgo estão próximos aos encontrados no presente estudo. Ribas (2006), avaliando as silagens de quatro híbridos de milho com diferentes graus de vitreosidade, observaram variação no CEB de 266,46 a 292,31 kcal/UTM/dia, valores acima dos encontrados no presente estudo. Freitas (2002) observou variação no CEB de 246,57 a 299,03 kcal/UTM/dia para ovinos alimentados com silagem de milho, sendo esses valores também acima dos observados no presente estudo. Os menores valores observados para o CEB no presente estudo em relação aos demais, podem ser explicados pelo baixo consumo de matéria seca observado em todas as silagens avaliadas (experimento I no capítulo 3).

Tabela 1. Valores médios de consumo de energia bruta (CEB), de energia digestível (CED), de energia metabolizável (CEM) e de energia líquida (CEL), em Kcal por Kg de UTM/dia) das silagens dos híbridos de milho BRS 1035, BRS 1031 e BRS 1001 colhidos em três idades.

| Híbridos | Parâmetros | | | |
|-----------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| | CEB ^a | CED ^b | CEM ^c | CEL ^d |
| BRS 1035 | | | | |
| Pastoso | 182,90 Bb | 103,26 Bb | 89,09 Bb | 24,45 Bb |
| Farináceo | 206,70 b | 112,83 Bb | 97,96 b | 50,31 ab |
| Farináceo-duro | 262,20 a | 145,61 a | 128,41 a | 72,31 a |
| BRS 1031 | | | | |
| Pastoso | 234,04 A | 141,32 A | 125,49 A | 77,20 A |
| Farináceo | 234,74 | 132,33 A | 115,92 | 70,95 |
| Farináceo-duro | 239,81 | 131,92 | 115,19 | 54,56 |
| BRS 1001 | | | | |
| Pastoso | 252,88 A | 152,33 A | 135,64 A | 83,38 A |
| Farináceo | 224,25 | 140,42 A | - | - |
| Farináceo-duro | 250,21 | 148,84 | 129,26 | 55,90 |

Médias seguidas por letras maiúsculas diferentes na mesma coluna apresentam diferença estatística entre os cortes dos diferentes híbridos pelo teste SNK ($p > 0,05$). Letras minúsculas diferentes na mesma coluna indicam diferença estatística entre os diferentes cortes para o mesmo híbrido pelo teste SNK ($p > 0,05$); ^aCV = 10,69 %; ^bCV = 10,43 %; ^cCV = 13,84 %; ^dCV = 37,74%.

Para o consumo de energia digestível (CED), houve variação de 103,26 a 152,33 kcal/UTM/dia. Os animais alimentados com as silagens do híbrido BRS 1035 apresentaram diferença ($p < 0,05$) entre as silagens colhidas nos diferentes estádios, onde os alimentados com as silagens colhidas no ponto farináceo-duro apresentaram maior CED, assim como ocorreu para o CEB. Os animais alimentados com as silagens dos híbridos BRS 1031 e BRS 1001 não apresentaram diferenças no CEB entre as silagens colhidas nos diferentes estádios. Avaliando as silagens dos diferentes híbridos colhidos no mesmo estádio de maturidade, apenas para os animais alimentados com as silagens colhidas no ponto farináceo-duro não houve diferença no CED. Para as silagens colhidas nos estádios pastoso e farináceo, os animais alimentados com as silagens do híbrido BRS 1035 apresentaram menor CED em relação as silagens dos demais híbridos ($p < 0,05$), assim como ocorreu para o CEB para os animais tratados com as silagens colhidas no ponto pastoso. Embora não tenha sido observada diferença significativa entre o CMSD/UTM para os animais tratados com as silagens dos híbridos colhidos no ponto farináceo, os valores foram inferiores aos do CMSD/UTM dos animais alimentados com as silagens dos demais híbridos colhidos no ponto farináceo. Além disso, a silagem do híbrido BRS 1035 colhida no ponto farináceo apresentou menor DAMS (55,33%) em relação as silagens dos demais híbridos colhidos mesmo estádio (tabela 3 do capítulo 3).

Ribas (2006) observou CED médio de 184,68 kcal/UTM/dia para ovinos alimentados com as silagens de quatro híbridos de milho. Freitas et al. (2003) encontrou valores de CED variando de 149,30 a 190,33 kcal/UTM/dia para as cinco silagens de milho avaliadas. Os valores observados nos dois estudos foram superiores aos encontrados no presente experimento. Machado (2010) observou uma variação no CED de 100,14 a 138,68 kcal/UTM/dia para silagens de sorgo colhidas em três pontos de corte. Os valores encontrados por Machado (2010) para as silagens de sorgo estão próximos aos valores encontrados no presente experimento para as silagens de milho. De acordo com NRC (2007) a exigência de energia digestível para ovinos em manutenção é de $146,5 \text{ kcal/kg}^{0,75}/\text{dia}$, de forma que apenas as silagens do híbrido BRS 1001 colhido nos pontos pastoso e farináceo-duro foram capazes de atender esta demanda.

O consumo de energia metabolizável variou de 89,09 a 135,64 kcal/UTM/dia. Assim como para o CEB e CED, o CEM foi superior para os animais alimentados com as silagens colhidas no ponto farináceo-duro para as silagens do híbrido BRS 1035 ($p < 0,05$). Para os animais tratados com as silagens dos demais híbridos não houve diferença no CEM para as silagens colhidas nos diferentes estádios de maturidade ($P > 0,05$). Comparando-se as silagens dos diferentes híbridos produzidas no ponto pastoso houve diferença no CEM, sendo que os animais que receberam as silagens do híbrido BRS 1035 apresentaram menor CEM em relação aos animais que receberam as silagens dos outros híbridos, assim como ocorreu para o CEB. Ribas (2006) observou CEM variando de 169,18 a 190,26 kcal/UTM/dia para quatro silagens de milho avaliadas, valores superiores aos encontrados no presente estudo. Porém, comparações dos resultados de CEM deste trabalho com outros resultados da literatura devem ser cautelosos, caso o cálculo das perdas energéticas na forma de metano tenham sido feitas através da fórmula de Blaxter & Clapperton (1965), como foi realizado no estudo de Ribas (2006). Machado (2010) avaliando silagens de diferentes híbridos de sorgo e em diferentes estádios de maturação encontrou CEM próximos ao deste trabalho, os valores obtidos variaram de 89,7 Kcal/UTM/dia a 125,5 kcal/UTM/dia.

Não foi possível calcular o CEM para o BRS 1001 no ponto farináceo devido à perda de dados referentes a respirometria dos animais que representavam esse tratamento.

O consumo de energia líquida (CEL) variou de 24,45 a 83,38 kcal/UTM/dia. Os animais que foram alimentados com a silagem do híbrido BRS 1035 colhido no ponto farináceo-duro apresentaram maior CEL em relação aos animais que receberam a silagem do mesmo híbrido BRS 1035 colhido no estádio pastoso, sendo que não houve diferença ($P > 0,05$) no CEL dos carneiros alimentados com a silagem colhida no ponto farináceo das demais silagens. Para os animais alimentados com as silagens dos híbridos BRS 1031 e BRS 1001, não houve diferença entre o CEL com o avançar da maturidade da planta. Para as silagens colhidas no ponto pastoso, os carneiros que receberam as silagens do híbrido BRS 1035 apresentaram menor CEL ($p < 0,05$) em relação aos animais que receberam as silagens dos demais híbridos. Os animais que receberam as

silagens colhidas nos estádios farináceo e farináceo-duro não apresentaram diferença no CEL entre as silagens dos diferentes híbridos ($P>0,05$).

Segundo o NRC (2007) e CSIRO (2007) a exigência líquida de energia para manutenção de ovinos seria de 62 e 66 Kcal/UTM/dia, respectivamente. Para as silagens do híbrido BRS 1035, apenas a silagem colhida no ponto farináceo-duro atendeu os requisitos de CEL para manutenção de ovinos. Para as silagens do híbrido BRS 1031 colhida nos pontos pastoso e farináceo o CEL pelos carneiros foi suficiente para atender os requerimentos para manutenção, assim como as silagens do híbrido BRS 1001 colhida no ponto pastoso. Assim, em geral, os níveis de CEL foram próximos aos níveis para manutenção, assim como ocorreu com o CMS para todos os tratamentos.

Machado (2010), também utilizando a técnica de calorimetria indireta, observou valores de CEL, para ovinos alimentados com as silagens de sorgo colhidas em três idades de corte, variando de 47,68 a 96,17 kcal/UTM/dia, valores próximos aos do presente estudo. Castro (2008) observou valores de CEL de 77,92 e 95,40 kcal/UTM/dia para ovinos tratados com as silagens de capim Tanzânia cortados aos 63 e 107 dias, respectivamente. Teixeira (2013) observou CEL de 137,35; 88,07 e 116,66 kcal/UTM/dia para ovinos alimentados com capim-elefante cortado aos 56, 84 e 112 dias. Ribas (2010) observou valor médio de CEL de 149,84 kcal/UTM/dia para ovinos alimentados com híbridos de sorgo com capim sudão. Velasco (2012) encontrou valores de CEL variando de 118,98 a 131,81 kcal/UTM/dia para ovinos tratados com capim *Brachiaria decumbens* cortado aos 56, 84 e 112 dias de crescimento. Os valores desses estudos foram superiores aos do presente experimento.

4.4.2 Perdas de energia

Os valores de energia perdida nas fezes variaram de 79,63 a 116,59 kcal/UTM/dia (tabela 2). Em relação às perdas de energia nas fezes, comparando as silagens dos híbridos avaliados colhidos nos três estádios de maturidade, para o híbrido BRS 1035, os carneiros apresentaram maior perda de energia quando alimentados com as silagens colhidas no ponto farináceo-duro ($P<0,05$), sendo que para os alimentados com as silagens dos híbridos BRS 1031 e BRS 1001, não houve diferença nas perdas de energia nos diferentes estádios de maturidade. As maiores perdas de energia apresentadas pelos carneiros alimentados com as silagens colhidas no ponto farináceo-duro para o híbrido BRS 1035 podem estar relacionadas ao maior consumo de energia bruta que ocorreu para os carneiros desse tratamento. Não houve diferença nas perdas de energia nas fezes dos carneiros alimentados com as silagens colhidas no mesmo estádio de maturidade entre os três híbridos ($P>0,05$). Já para as perdas de energia nas fezes em relação a EB ingerida, não houve diferença entre os tratamentos, sendo a variação de 37,01 a 45,36%. Para as dietas de ruminantes a energia perdida nas fezes representa de 10% a 70% da energia bruta ingerida, indicando que a perda fecal de energia é o fator mais determinante sobre o valor nutritivo relativo dos diferentes alimentos como fontes de

energia (Blaxter, 1962). Frequentemente, as perdas fecais de energia são pequenas quando a forrageira apresenta altas concentrações de carboidratos não fibrosos, como açúcares, amido e frutanas. Em contrapartida, maiores perdas fecais estão associadas com a presença de grandes quantidades de carboidratos fibrosos, como a celulose e as hemiceluloses, e de ligninas (Van Soest, 1994). No presente estudo, foi observado (experimento I do capítulo 3) maior consumo de FDN/UTM e de FDA/UTM para os animais alimentados com a silagem do híbrido BRS 1035 colhido no ponto farináceo-duro.

Tabela 2. Valores médios de perda diária de energia nas fezes, na urina, na forma de metano e incremento calórico, em Kcal por unidade de tamanho metabólico (Kcal/UTM/d) e em percentagem da energia bruta ingerida (% da EB) das silagens dos híbridos de milho BRS 1035, BRS 1031 e BRS 1001 colhidos em três idades.

| Híbridos | Parâmetros | | | | | | | |
|----------------|-----------------------|-------------------|-----------------------|-------------------|-----------------------|-------------------|-----------------------|-------------------|
| | Fezes | | Urina | | Metano | | Incremento Calórico | |
| | Kcal/UTM ^a | % EB ^b | Kcal/UTM ^c | % EB ^d | Kcal/UTM ^e | % EB ^f | Kcal/UTM ^g | % EB ^h |
| BRS 1035 | | | | | | | | |
| Pastoso | 79,63 b | 42,77 | 3,96 | 2,04 | 11,05 | 5,88 | 67,24 | 35,56 Aa |
| Farináceo | 93,86 b | 45,36 | 3,94 | 1,88 | 11,16 | 5,41 | 47,42 | 23,34 b |
| Farináceo-duro | 116,59 a | 44,45 | 2,94 | 1,10 | 14,20 | 5,43 | 55,97 | 21,38 b |
| BRS 1031 | | | | | | | | |
| Pastoso | 92,71 | 39,51 | 4,79 a | 2,00 a | 11,28 | 4,88 | 48,57 | 20,73 B |
| Farináceo | 102,41 | 43,56 | 3,92 ab | 1,70 ab | 12,59 | 5,38 | 45,45 | 19,59 |
| Farináceo-duro | 107,89 | 45,02 | 2,19 b | 0,91 b | 14,27 | 6,02 | 59,08 | 25,31 |
| BRS 1001 | | | | | | | | |
| Pastoso | 100,55 | 39,67 | 4,77 | 1,89 | 14,16 | 5,64 | 52,43 b | 20,94 B |
| Farináceo | 83,82 | 37,01 | 2,91 | 1,30 | - | - | - | - |
| Farináceo-duro | 101,37 | 40,48 | 3,03 | 1,21 | 16,64 | 6,68 | 73,73 a | 29,49 |

Médias seguidas por letras maiúsculas diferentes na mesma coluna apresentam diferença estatística entre os cortes dos diferentes híbridos pelo teste SNK ($p > 0,05$). Letras minúsculas diferentes na mesma coluna indicam diferença estatística entre os diferentes cortes para o mesmo híbrido pelo teste SNK ($p > 0,05$); ^aCV = 15,80%; ^bCV = 8,95%; ^cCV = 43,21%; ^dCV = 41,20%; ^eCV = 25,96%; ^fCV = 25,87%; ^gCV = 23,73%; ^hCV = 27,56%.

Machado (2010), avaliando as silagens de sorgo colhidas em diferentes estádios de maturidade, observou uma correlação negativa entre a digestibilidade das frações fibrosas e a energia fecal (% da EB) ($r_{\text{DFDN} \times \text{Efezes}} = -0,922$; $P < 0,0001$). Teixeira (2013) avaliando o capim elefante cortado em três idades de corte, observou maior coeficiente de digestibilidade da FDN (71,40%) para o capim-elefante cortado aos 56 dias ($p < 0,05$), tratamento este que apresentou a menor perda de energia nas fezes. Machado (2010), estudando as perdas de energia nas fezes, observou valores entre 88,73 Kcal/UTM/dia e 121,82 Kcal/UTM/dia, sendo que não houve diferença estatística entre os tratamentos ($P > 0,05$). Quando expressa como porcentagem da energia bruta ingerida, os valores de perdas energéticas nas fezes oscilaram de 42,03% a 52,0%. Os valores observados para

as silagens de sorgo por Machado (2010) foram semelhantes aos do presente estudo. Para Teixeira (2013), a variação das perdas de energia nas fezes em relação a energia bruta ingerida variou de 29,89 a 43,02%, para os carneiros alimentados capim elefante cortado em três idades. Velasco (2011) observou uma variação de 34,0 a 41,98% de perda de energia nas fezes em relação a EB ingerida, para ovinos alimentados com o capim *Brachiaria decumbens* cortado em três idades.

Quanto a energia perdida na forma de urina, houve uma variação de 2,19 a 4,79 kcal/UTM/dia, sendo que esses valores representaram de 0,91 a 2,04% da energia bruta ingerida. Para os carneiros alimentados com as silagens dos híbridos BRS 1035 e BRS 1001, não houve diferença significativa nas perdas de energia na urina para as silagens colhidas nos diferentes estádios de maturidade. Para as silagens do híbrido BRS 1031, houve maior perda de energia e maior percentual de perda de energia bruta em relação a energia ingerida para os animais alimentados com a silagem colhida no ponto pastoso em relação a silagem colhida no ponto farináceo-duro, de forma que para os animais alimentados com a silagem colhida no estágio farináceo não houve diferença para as anteriores ($P>0,05$). Os dois parâmetros (perda de energia na urina e percentual de perda de energia na urina em relação a energia bruta consumida) apresentaram o mesmo comportamento, onde não houve diferença entre os animais alimentados com as silagens dos híbridos colhidas em um mesmo estágio de maturidade ($p>0,05$). Segundo Van Soest (1994), aumentos na ingestão de nitrogênio estão associados à maior produção de ureia no fígado e à uma maior excreção via urina. A partir do experimento I do capítulo 3, pode-se observar que o comportamento das perdas de energia na urina apresentaram o mesmo comportamento da excreção de nitrogênio urinário, onde houve diferença significativa apenas para os animais alimentados com as silagens do híbrido BRS 1031, sendo que os animais que receberam a silagem colhida no ponto pastoso apresentaram maior excreção de N (2,19 g/dia) em relação a silagem produzida no ponto farináceo-duro (1,24 g/dia), sendo que não houve diferença entre a silagem produzida no estágio farináceo (1,51 g/dia) e as anteriores ($P>0,05$).

Machado (2010) encontrou valores de perdas de energia na urina variando de 2,35 a 4,48 kcal/UTM/dia, onde esses valores corresponderam de 0,95 a 2,15% da energia bruta ingerida, sendo esses semelhantes aos encontrados para as silagens de milho do presente experimento. Segundo Blaxter e Wainman (1964), as perdas de energia pela urina nunca devem superar 5% do valor energético da dieta consumida pelos animais.

Em relação a energia perdida na forma de metano e o percentual de energia perdida na forma de metano em relação a energia bruta ingerida, não houve diferença entre os animais tratados com as silagens dos diferentes híbridos colhidos nos diferentes estádios de maturidade ($P>0,05$). As perdas de energia na forma de metano variaram de 11,05 a 16,64 kcal/UTM/dia, sendo o percentual em relação a energia bruta de 4,88 a 6,68%. O metano é produzido principalmente quando o substrato é fermentado a acetato e butirato (Getachew et al., 1998), dessa forma, a fermentação de carboidratos fibrosos resulta em maior proporção de acetato, sendo assim, o consumo de fibra deve influenciar as perdas de energia na forma de metano. Machado (2010) observou uma variação das perdas de

energia na forma de metano em relação a energia bruta variando de 3,78 a 5,83%. Santoso et al. (2006) avaliando a produção de metano e a partição de energia em ovinos alimentados com dietas baseadas em silagem ou feno de *Timothy*, observaram as perdas de energia na forma de metano em relação a energia bruta ingerida de 7,43% e 6,35%, para a silagem e feno, respectivamente. Os resultados do presente estudo, assim como aqueles descritos para outras forrageiras se enquadram no intervalo de 2 a 12% da energia bruta ingerida, quando são utilizadas câmaras respirométricas (Johnson e Johnson, 1995).

Foi observada variação nas perdas de energia por incremento calórico de 45,45 a 73,73 kcal/UTM/dia. Em relação as silagens dos híbridos colhidas em diferentes pontos, houve diferença apenas para os animais tratados com as silagens do híbrido BRS 1001, sendo que para os animais tratados com a silagem colhida no ponto pastoso foi observada uma menor perda de energia por incremento calórico em relação aos que receberam a silagem cortada no ponto farináceo-duro ($p < 0,05$). Não houve diferença significativa para as perdas de energia dos animais alimentados com as silagens dos diferentes híbridos colhidos no mesmo estágio de maturidade. Em relação às perdas de energia por incremento calórico em relação a energia bruta ingerida, houve variação de 19,59 a 35,56%. Para os animais tratados com as silagens do híbrido BRS 1035, houve maior perda de energia pelo incremento calórico em relação a EB ingerida para os alimentados com as silagens colhidas no ponto pastoso ($p < 0,05$). Para as silagens dos demais híbridos não houve diferença significativa entre as perdas de energia em relação a energia bruta ingerida para os animais tratados com as silagens colhidas nos diferentes estádios de maturidade. Comparando-se os animais que receberam as silagens dos diferentes híbridos colhidas em um mesmo estágio de maturidade, os alimentados com as silagens do híbrido BRS 1035 produzidas no ponto pastoso, apresentaram maiores perdas de energia por IC em relação à EB ingerida. Para os demais híbridos as perdas por IC não foram diferentes para as silagens colhidas nos pontos farináceo e farináceo-duro.

Machado (2010) encontrou valores de IC variando de 19,34 a 41,70 kcal/UTM/dia, sendo que esses valores corresponderam a 10,10 a 19,48% da energia bruta consumida, para ovinos alimentados com as silagens de sorgo colhidas em três idades. Esses valores foram inferiores aos obtidos no presente estudo.

O valor do incremento calórico depende da quantidade de alimento ingerido, bem como da sua composição, uma vez que representa o aumento da produção de calor decorrente do consumo de um determinado alimento. Este aumento ocorre porque os processos de digestão e transporte da digesta e/ou metabólitos no trato digestivo requerem energia. O IC também depende da composição da dieta. No presente estudo, os animais tratados com a silagem do híbrido BRS 1035 colhida no ponto de corte pastoso apresentaram baixo consumo de matéria seca por UTM e também o menor consumo de EB, o que pode justificar a maior participação das perdas de energia do IC em relação à energia bruta consumida. Porém, devido ao baixo consumo de matéria seca por UTM observado

no experimento I do capítulo 3 (consumo próximo à necessidade de manutenção), essas diferenças podem não ter sido suficientes para provocar alterações no IC.

Assim, ao se comparar as perdas de energia em relação a energia bruta consumida, a energia perdida nas fezes correspondeu a maior perda (37,01 a 45,36%), seguida por IC (19,59 a 35,56%), metano (4,88 a 6,68%) e urina (0,91 a 2,04%). Dessa forma, torna-se necessário desenvolver forrageiras com maior digestibilidade e menor incremento calórico, para melhorar o aporte de energia para os animais.

4.4.3 Eficiência de utilização da energia

Os valores de DAEB variaram de 54,63 a 62,98% (tabela 3). Para as silagens dos híbridos estudados, não houve diferença na DAEB das silagens colhidas nos diferentes estádios de maturidade ($P>0,05$). Já avaliando as silagens colhidas nos mesmos pontos para os diferentes híbridos, apenas para os animais tratados com as silagens colhidas no ponto farináceo apresentaram diferença significativa entre os híbridos, sendo que houve maior valor de DAEB para a silagem do híbrido BRS 1001. Para as silagens colhidas nos demais estádios, não houve diferença na DAEB entre os híbridos ($P>0,05$). Esses dados de DAEB são consistentes com os dados de DAMS (tabela 3 do capítulo 3), onde a silagem do híbrido BRS 1001 apresentou maior DAMS. Assim, o avanço da maturidade não alterou a DAEB. O aumento da participação dos grãos na planta com a maturidade pode ter compensado as alterações na composição e nos teores dos constituintes da parede celular.

Ribas (2006) observou valores de DAEB variando de 63,51 a 69,84% nas silagens de quatro genótipos de milho avaliados. Os valores encontrados por Ribas (2006) foram superiores aos encontrados no presente estudo. Já Freitas (2002), encontrou um valor médio de 61,18% para a DAEB das silagens de milho, valor acima dos valores encontrados para a maioria dos tratamentos do presente estudo. Os baixos valores de DAEB encontrados neste trabalho em relação aos estudos supracitados, pode ter ocorrido devido ao baixo CMS e baixo CPB observado no presente estudo, levando a menor desenvolvimento da flora ruminal, com conseqüente redução no aproveitamento da energia proveniente dos alimentos.

Os valores de metabolizabilidade (q_m) variaram entre 0,47 a 0,54, não apresentando diferença estatística entre os tratamentos ($P>0,05$). A metabolizabilidade representa a relação entre a energia metabolizável e a energia bruta. Ribas (2010) encontrou valores de q_m variando de 0,60 a 0,64 para híbridos de sorgo com capim Sudão, valores superiores aos do presente estudo. Machado (2010) observou valores entre de 0,42 a 0,50 para as silagens de sorgo colhidas em três estádios de maturidade, valores semelhantes aos do presente estudo. Como a metabolizabilidade representa a relação entre a energia metabolizável e energia bruta, espera-se que as perdas de energia na forma de fezes, urina e metano determinem seu valor. Teixeira (2013) avaliando o

capim elefante colhido em três idades, observou q_m variando de 0,49 a 0,62, sendo esses valores próximos aos deste trabalho. Velasco (2011) observou variação nos valores de q_m de 0,42 a 0,58 para o capim *Brachiaria decumbens* em três idades.

Tabela 3. Valores médios de digestibilidade aparente da energia bruta (DAEB), em porcentagem, metabolizabilidade (q_m), eficiência de uso da energia metabolizável para manutenção (K_m) e razão entre energia líquida e energia bruta, em porcentagem, das silagens dos híbridos de milho BRS 1035, BRS 1031 e BRS 1001 colhidos em três idades.

| Híbridos | Parâmetros | | | |
|-----------------|-------------------|--------------------|--------------------|-----------------------|
| | DAEB ^a | q_m ^b | k_m ^c | EL (%EB) ^d |
| BRS 1035 | | | | |
| Pastoso | 57,22 | 0,49 | 27,52 Bb | 13,87 Bb |
| Farináceo | 54,63 B | 0,47 | 50,87 a | 24,28 ab |
| Farináceo-duro | 55,54 | 0,49 | 55,18 a | 27,79 a |
| BRS 1031 | | | | |
| Pastoso | 60,48 | 0,53 | 61,43 A | 33,07 A |
| Farináceo | 56,43 B | 0,49 | 60,21 | 29,37 |
| Farináceo-duro | 54,97 | 0,48 | 46,67 | 22,73 |
| BRS 1001 | | | | |
| Pastoso | 60,32 | 0,54 | 61,35 A | 33,38 A |
| Farináceo | 62,98 A | - | - | - |
| Farináceo-duro | 59,51 | 0,51 | 43,02 | 22,39 |

Médias seguidas por letras maiúsculas diferentes na mesma coluna apresentam diferença estatística entre os cortes dos diferentes híbridos pelo teste SNK ($p > 0,05$). Letras minúsculas diferentes na mesma coluna indicam diferença estatística entre os diferentes cortes para o mesmo híbrido pelo teste SNK ($p > 0,05$); ^aCV = 6,49%; ^bCV = 7,71%; ^cCV = 28,26%; ^dCV = 31,18%.

Os valores de k_m variaram de 27,52 a 61,43%. A silagem do híbrido BRS 1035, quando colhida no ponto pastoso, apresentou menor valor de K_m ($p < 0,05$). Não houve diferença significativa entre as silagens produzidas nos diferentes pontos de colheita para os híbridos BRS 1031 e BRS 1001. Comparando-se as silagens obtidas no mesmo estágio de maturidade entre os híbridos, para as silagens produzidas no corte pastoso a silagem do híbrido BRS 1035 apresentou menor valor de K_m . Para as silagens produzidas nos demais pontos de colheita, não houve diferença entre as silagens dos híbridos ($P > 0,05$). A eficiência de uso da energia metabolizável para a manutenção (K_m) é expressa pela relação entre a energia metabolizável para manutenção e a energia líquida, sendo influenciada pelo incremento calórico da dieta. A literatura indica que a eficiência de uso da EM para manutenção é relativamente constante, independente da composição do alimento. Porém, o menor valor observado para a silagem do híbrido BRS 1035 colhida no ponto pastoso se deve provavelmente ao maior IC observado para os animais tratados com esse material em relação aos valores obtidos para os demais. De acordo com Fox *et al.* (2003), a k_m varia de 57,6% para dietas com EM de 2,0 Mcal/Kg (típica para gramíneas temperadas no estágio de final de florescimento), a 65,1% para

EM de 2,6 Mcal/Kg (típica para silagem de milho) até 68,6 para EM de 3,2 Mcal/Kg (grãos de milho).

A variação da relação entre a energia líquida e a energia bruta foi de 13,87 a 33,38%. A relação entre a energia líquida e a energia bruta apresentou um comportamento semelhante ao do K_m , onde comparando-se as silagens produzidas nos diferentes estádios de maturidade para um híbrido, apenas para as silagens do híbrido BRS 1035 houve diferença significativa, sendo que a silagem obtida no ponto farináceo-duro apresentou uma maior relação entre EL e EB do que a silagem colhida no estádio pastoso, de forma que a silagem produzida no ponto de colheita farináceo não diferiu das demais ($P>0,05$). Ao se avaliar a relação de EL e EB entre as silagens dos híbridos colhidas no mesmo ponto, apenas as silagens obtidas no estádio pastoso apresentaram diferenças entre os híbridos, sendo que a silagem do híbrido BRS 1035 apresentou menor relação EL e EB. Para as silagens obtidas nos pontos farináceo e farináceo-duro, não houve diferença entre os híbridos ($P>0,05$). Assim, o menor valor observado para a silagem do híbrido BRS 1035 colhida no ponto pastoso se deve ao alto valor de IC encontrado para os animais em relação aos demais tratamentos.

Esta relação reflete a eficiência de todo o fluxo de energia no animal (Machado, 2010), correspondendo a real energia disponível para o animal utilizar em suas atividades de manutenção e de produção. Machado (2010) trabalhando com as silagens de sorgo encontrou valores da relação entre energia líquida e energia bruta variando entre 22,58% e 40,12%, valores semelhantes aos deste experimento, com exceção das silagens do híbrido BRS 1035 colhida no ponto pastoso que apresentou valores inferiores (13,87%). Velasco (2011) observou valores de energia líquida, como porcentagem da energia bruta ingerida, variando de 41,24% e 43,3%, para o capim *Brachiaria decumbens* em três idades. Teixeira (2013) observou valores variando de 33,39 a 45,15% para o capim elefante cortado em três idades, valores superiores ao presente estudo. Os menores valores observados no presente estudo em relação aos valores observados por Teixeira (2013) e Velasco (2011), devem-se aos baixos valores de CEL observados no presente estudo, que estão correlacionados aos menores CMS observados, bem como as maiores valores de energia perdida na forma de IC observada.

4.4.4 Teores de energia

Os valores de energia bruta (EB) variaram de 4,29 a 4,75 Mcal/kg de matéria seca ingerida (tabela 4). Ribas (2006) encontrou valores entre 4,30 Mcal/Kg e 4,36 Mcal/Kg para silagens de milho. Machado (2010) observou as concentrações de energia bruta variando de 4,13 Mcal/Kg de MS a 4,24 Mcal/Kg de MS para as silagens de sorgo colhidas em três diferentes pontos de corte.

Os valores de energia digestível (ED) variaram entre 2,42 a 2,86 Mcal por kg de MS ingerida. Para as silagens dos híbridos BRS 1035 e BRS 1001, não houve diferença

entre os valores de ED com o avançar da maturidade da planta ($P < 0,05$). Já para a silagem do híbrido BRS 1031, houve maior teor de ED por kg de MS ingerida na silagem obtida no ponto pastoso. Para as silagens colhidas no ponto pastoso, a silagem do híbrido BRS 1031 apresentou maior valor de ED ($p < 0,05$) em relação a silagem do híbrido BRS 1035, de forma que a silagem do híbrido BRS 1001 não diferiu das demais ($P > 0,05$). Já para as silagens colhidas no ponto farináceo, não houve diferença significativa para ED entre as silagens dos híbridos avaliados. Para as silagens colhidas no ponto farináceo-duro, a silagem do híbrido BRS 1001 apresentou maior valor de ED ($p < 0,05$) em relação a silagem do híbrido BRS 1031, sendo que não houve diferença significativa entre a silagem do híbrido BRS 1035 das demais.

Tabela 4. Valores médios de energia bruta (EB), de energia digestível (ED), de energia metabolizável (EM) e de energia líquida (EL), em Mcal por Kg de matéria seca consumida (Mcal/ Kg de MS) das silagens dos híbridos de milho BRS 1035, BRS 1031 e BRS 1001 colhidas em três idades.

| Híbridos | Parâmetros | | | |
|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| | EB ^a | ED ^b | EM ^c | EL ^d |
| BRS 1035 | | | | |
| Pastoso | 4,43 | 2,54 B | 2,19 B | 0,61 Bb |
| Farináceo | 4,66 | 2,54 | 2,21 | 1,12 a |
| Farináceo-duro | 4,75 | 2,64 AB | 2,32 | 1,31 a |
| BRS 1031 | | | | |
| Pastoso | 4,73 | 2,86 Aa | 2,54 Aa | 1,56 A |
| Farináceo | 4,43 | 2,50 b | 2,18 b | 1,32 |
| Farináceo-duro | 4,41 | 2,42 Bb | 2,12 b | 1,00 |
| BRS 1001 | | | | |
| Pastoso | 4,46 | 2,69 AB | 2,42 AB | 1,48 A |
| Farináceo | 4,29 | 2,70 | - | - |
| Farináceo-duro | 4,55 | 2,70 A | 2,34 | 1,00 |

Médias seguidas por letras maiúsculas diferentes na mesma coluna apresentam diferença estatística entre os cortes dos diferentes híbridos pelo teste SNK ($p > 0,05$). Letras minúsculas diferentes na mesma coluna indicam diferença estatística entre os diferentes cortes para o mesmo híbrido pelo teste SNK ($p > 0,05$); ^a dados descritivos; ^b CV = 6,61%; ^c CV = 8,89%; ^d CV = 32,47%.

Os valores de EM variaram de 2,12 a 2,54 Mcal/kg de MS ingerida. Assim como para a ED, apenas nas silagens do híbrido BRS 1031 houve influência do estágio de maturidade sobre os valores de EM, sendo que a silagem produzida no estágio pastoso apresentou os maiores valores. Em relação a silagens dos diferentes híbridos colhidos no mesmo estágio de maturidade ($P > 0,05$), para as silagens colhidas no estágio pastoso, a silagem do híbrido BRS 1031 apresentou maior valor de EM em relação a silagem do híbrido BRS 1035 ($p < 0,05$), de forma que a silagem do híbrido BRS 1001 não diferiu no valor de EM das anteriores ($P > 0,05$). Para as silagens obtidas nos demais estádios não houve diferença nos valores de EM entre os diferentes híbridos ($P > 0,05$).

Os valores de EL oscilaram entre 0,61 e 1,56 Mcal/kg de MS ingerida. Avaliando-se a influência do momento de colheita das silagens sobre os valores de EL das silagens dos híbridos estudados, apenas para o híbrido BRS 1035 houve diferença entre as silagens nos diferentes pontos de corte, quando a silagem produzida no ponto pastoso apresentou menor valor de EL (0,61 Mcal/kg de MS ingerida). Da mesma forma, comparando-se as silagens produzidas no ponto pastoso entre os diferentes híbridos, a silagem do híbrido BRS 1035 apresentou valor de EL inferior aos demais ($p < 0,05$). O menor valor de EL observado para o híbrido BRS 1035 colhido no ponto de corte pastoso se deve ao maior valor de IC observado para os animais que receberam esse material.

Castro (2008), estudando as silagens de capim Tanzânia, observou valores médios de ED, EM e EL de 2,1 Mcal/Kg de MS, 1,8 Mcal/Kg de MS e 1,3 Mcal/Kg de MS, respectivamente, sendo os valores de ED e EM inferiores aos do presente estudo, porém os valores de EL foram próximos. Ribas (2010), avaliando híbridos de sorgo com capim-sudão, observou teores médios de ED, EM e EL 2,92 Mcal/Kg de MS; 2,78 Mcal/Kg de MS e 1,65 Mcal/Kg de MS, respectivamente, sendo esses valores superiores aos do presente experimento. Machado (2010) observou valores de ED, EM e EL médios de 2,18; 1,93 e 1,33, respectivamente, sendo os valores de ED e EM superiores aos do presente estudo, já para os valores de EL os resultados foram semelhantes. Teixeira (2013) avaliando o capim elefante cortado em três idades, observou valores de ED, EM e EL médios de 2,53; 2,23 e 1,65, respectivamente, sendo os valores de ED e EM próximos aos do presente estudo, e os valores de EL superiores. Os baixos valores de EL para as silagens de milho obtidas no presente estudo em relação aos estudos citados pode ter ocorrido devido aos baixos teores de PB associado aos baixos teores de CNF (baixa proporção de grãos) das silagens, comprometendo o aproveitamento dos nutrientes pelo baixo crescimento microbiano no rúmen, de forma que as silagens de sorgo avaliadas por Machado (2010) apresentaram valores de EL próximos aos das silagens do presente estudo.

Como as fezes representam a maior proporção das perdas energéticas, os teores de energia metabolizável apresentaram comportamento semelhante ao da energia digestível, já que as diferenças entre os tratamentos nas perdas de energia na forma de urina e metano não foram suficientes para alterar as comparações entre os tratamentos. Como o IC também representou uma perda de energia significativa, os teores de energia líquida das silagens diferiram em relação à silagem do híbrido BRS 1035 colhida no ponto pastoso, já que os animais que receberam a silagem do híbrido BRS 1035 colhida no ponto pastoso apresentaram maiores valores de perdas de energia pelo IC.

4.4.5 Respirometria

O consumo diário de oxigênio variou de 23,00 a 32,06 L/UTM (tabela 5). Para os animais alimentados com as silagens dos híbridos BRS 1035 e BRS 1031, não houve diferença no consumo de oxigênio entre os animais tratados com as silagens colhidas

nos diferentes estádios de maturidade ($P>0,05$). Para as silagens do híbrido BRS 1001, quando colhidas no ponto corte farináceo-duro, apresentaram um consumo de oxigênio superior aos animais que receberam as silagens colhidas no ponto pastoso ($p<0,05$). Comparando-se as silagens dos diferentes híbridos colhidos nos mesmos estádios de crescimento, os animais alimentados com as silagens colhidas no ponto farináceo-duro apresentaram diferença no consumo de oxigênio, sendo que os animais que consumiram a silagem do híbrido BRS 1001 apresentaram valores superiores aos demais ($p<0,05$). Para os animais alimentados com as silagens colhidas nos pontos pastoso e farináceo não apresentaram diferenças no consumo de O_2 ($P>0,05$). As produções de CO_2 pelos carneiros variaram de 21,05 a 27,43 L/UTM. Apenas os animais que receberam a silagem do híbrido BRS 1001 apresentaram diferença entre a produção de CO_2 de acordo com as silagens produzidas nos diferentes estádios de maturidade, onde os carneiros que receberam a silagem obtida no ponto farináceo-duro apresentaram maior produção de CO_2 em relação aos que receberam a silagem produzida no ponto pastoso. Já para as silagens dos diferentes híbridos produzidas no mesmo ponto de corte, apenas os animais que receberam as silagens obtidas no ponto farináceo-duro apresentaram diferenças ($p<0,05$), de forma que os alimentados com a silagem do híbrido BRS 1001 apresentaram maior produção de CO_2 ($p<0,05$) em relação a silagem do híbrido BRS 1035, e o resultado para a silagem do híbrido BRS 1031 não diferiu das anteriores ($P>0,05$).

Machado (2010) observou consumo de O_2 variando de 20,85 L/UTM/dia a 28,74 L/UTM/dia e a produção de CO_2 variando de 17,15 L/UTM/dia a 25,46 L/UTM/dia para ovinos alimentados com as silagens de sorgo, resultados próximos aos observados neste estudo. Teixeira (2013) avaliando ovinos recebendo capim elefante cortado em três idades observou consumo de O_2 variando de 17,47 a 26,49 L/UTM/dia e produção de CO_2 de 16,65 a 26,32 L/UTM/dia. Ribas (2010) avaliando híbridos de sorgo com capim-sudão observou variação no consumo de O_2 de 27,96 a 35,84 L/UTM/dia e a produção de CO_2 de 26,03 a 33,35 L/UTM/dia, valores acima deste estudo. Levando-se em consideração o princípio da calorimetria indireta ou respirometria, no qual a produção de calor metabólico é resultado da oxidação de compostos orgânicos, os maiores valores para o consumo de O_2 e produção de CO_2 encontrados por Ribas (2010), podem estar correlacionados ao maior CMS observado pelo autor, onde o CMS médio para os carneiros alimentados com três híbridos de sorgo com capim Sudão foi de 84,70 g/UTM/dia, enquanto neste trabalho o CMS variou de 43,36 a 62,02 g/UTM/dia. Além disso, a DAMS média para os materiais avaliados por Ribas (2010) foi de 70,03%, já no presente estudo, a DAMS das silagens variaram de 55,33 a 64,10%. Já em relação aos valores obtidos no estudo de Machado (2010), os valores de CMS e DAMS foram semelhantes.

Tabela 5. Consumo diário de oxigênio (O₂), produção diária de dióxido de carbono (CO₂) e de metano (CH₄), em litros por Kg de unidade de tamanho metabólico (L/UTM), produção diária de calor (PC) em Kcal por unidade de tamanho metabólico (Kcal/UTM) e quociente respiratório (CR) das silagens dos híbridos de milho BRS 1035, BRS 1031 e BRS 1001 cortados em três idades.

| Híbridos | Parâmetros | | | | |
|----------------|-------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------|-----------------|
| | O ₂ (L/UTM) ^a | CO ₂ (L/UTM) ^b | CH ₄ (L/UTM) ^c | PC (Kcal/UTM) ^d | CR ^e |
| BRS 1035 | | | | | |
| Pastoso | 27,15 | 22,69 | 1,15 | 147,10 Aa | 0,83 Bb |
| Farináceo | 23,70 | 21,05 | 1,16 | 116,13 b | 0,88 ab |
| Farináceo-duro | 26,37 B | 24,02 B | 1,48 | 129,91 Bab | 0,91 a |
| BRS 1031 | | | | | |
| Pastoso | 23,00 | 21,21 | 1,18 | 113,62 B | 0,92 A |
| Farináceo | 24,88 | 22,81 | 1,31 | 122,74 | 0,91 |
| Farináceo-duro | 26,12 B | 23,89 AB | 1,49 | 128,82 B | 0,91 |
| BRS 1001 | | | | | |
| Pastoso | 25,15 b | 23,69 b | 1,48 | 124,69 ABb | 0,94 Aa |
| Farináceo | - | - | - | - | - |
| Farináceo-duro | 32,06 Aa | 27,43 Aa | 1,74 | 155,84 Aa | 0,85 b |

Médias seguidas por letras maiúsculas diferentes na mesma coluna apresentam diferença estatística entre os cortes dos diferentes híbridos pelo teste SNK ($p > 0,05$). Letras minúsculas diferentes na mesma coluna indicam diferença estatística entre os diferentes cortes para o mesmo híbrido pelo teste SNK ($p > 0,05$); ^aCV = 14,09%; ^bCV = 10,84%; ^cCV = 25,96%; ^dCV = 13,23%; ^eCV = 5,49%.

A produção de metano variou de 1,15 a 1,74 L/UTM. Não houve diferença na produção de metano para os carneiros alimentados com os diferentes tratamentos ($P > 0,05$). A energia produzida pelo animal na forma de calor pode ser calculada a partir dos valores de consumo de O₂ e produção de CO₂ e CH₄, associado com os valores de excreção de nitrogênio pela urina (Chwalibog, 2004), de forma que a produção de calor metabólico é resultado da oxidação de compostos orgânicos.

Machado (2010) observou produção de metano de 0,99 a 1,36 L/UTM/dia, sendo que também não houve diferença na produção de metano para os animais alimentados com os híbridos de sorgo colhidos em diferentes estádios de maturidade. Ribas (2010) observou a variação na produção de metano de ovinos alimentados com híbridos de sorgo com capim sudão, de 1,06 a 1,57 L/UTM/dia. Já Velasco (2011), avaliando o capim *Brachiaria decumbens* cortado em três idades, encontrou valores de produção de metano variando de 1,20 a 1,97 L/UTM/dia em ovinos. O gás CH₄ é produzido principalmente quando o substrato é fermentado à acetato e butirato (Sarwar et al., 1992; Getachew et al., 1998), sendo que a fermentação de carboidratos fibrosos resultam em maior proporção de acetato do que carboidratos não fibrosos (Moss, 1994;

Wilkerson et al., 1995). Apesar dos animais que consumiram as silagens do híbrido BRS 1035 terem apresentado maior consumo de FDND/UTM (tabela 6 do capítulo3) quando colhidas no estágio farináceo-duro, e os que consumiram as silagens do híbrido BRS 1001 terem apresentado menor CFDND/UTM quando receberam as silagens obtidas no ponto farináceo, não houve diferença na produção de metano para os animais que receberam as silagens dos híbridos com o avançar da maturidade fisiológica da planta.

A produção diária de calor variou de 113,62 a 155,84 Kcal/UTM. Para os animais alimentados com as silagens do híbrido BRS 1035, houve maior produção de calor quando alimentados com as silagens obtidas no ponto pastoso ($p < 0,05$) em relação a silagem colhida no ponto farináceo, de forma que não houve diferença na PC dos animais alimentados com a silagem colhida no ponto farináceo-duro em relação as demais ($P > 0,05$). Para os animais que receberam as silagens do híbrido BRS 1031, não houve diferença significativa entre a PC com as silagens obtidas nos diferentes estádios de maturidade. Para as silagens do híbrido BRS 1001, houve maior PC para os carneiros alimentados com a silagem colhida no ponto farináceo-duro ($p < 0,05$). Comparando-se as silagens colhidas no mesmo estágio de maturidade para os diferentes híbridos, os carneiros alimentados com a obtida no ponto pastoso para o híbrido BRS 1035 apresentaram maior PC ($p < 0,05$) em relação aos que receberam a silagem do híbrido BRS 1031, sendo que não houve diferença na PC dos alimentados com a silagem do híbrido BRS 1001 das demais ($P > 0,05$). Em relação às silagens colhidas no ponto farináceo, não houve diferença na PC dos carneiros alimentados com as silagens dos diferentes híbridos. Já os carneiros alimentados com as silagens produzidas no ponto farináceo-duro, e que receberam a silagem do híbrido BRS 1001 apresentaram uma maior PC ($p < 0,05$) em relação aos animais que receberam as silagens dos híbridos BRS 1035 e BRS 1031 que não diferiram entre si.

Para a produção de calor, Machado (2010) encontrou valores entre 105,82 a 127,98 Kcal/UTM/dia para ovinos alimentados com as silagens de sorgo colhidas em três estádios de maturidade. Teixeira (2013) observou PC entre 87,19 a 132,57 Kcal/UTM/dia para ovinos alimentados com capim elefante cortado em três idades. Já Ribas (2010), observou PC entre 92,5 a 177,8/Kcal/UTM/dia para ovinos alimentados com híbridos de sorgo com capim sudão.

Os valores dos quocientes respiratórios variaram de 0,83 a 0,94. Para os animais que receberam as silagens do híbrido BRS 1035, o CR foi superior quando os animais receberam a silagem obtida no ponto de corte farináceo-duro ($p < 0,05$) em relação ao estágio pastoso, sendo que não houve diferença significativa entre os CR dos animais tratados com a silagem colhida no ponto farináceo das demais. Para os animais que receberam as silagens do híbrido BRS 1031, não houve diferença no CR dos animais alimentados com as silagens colhidas nos diferentes estádios de maturidade. Já para os que receberam as silagens do híbrido BRS 1001, o CR foi superior para os animais alimentados com a silagem obtida no ponto de corte pastoso em relação ao farináceo-duro. Ao comparar as silagens obtidas no mesmo ponto de colheita para os diferentes

híbridos, foi observado maior CR para os animais que receberam as silagens colhidas no ponto pastoso para os híbridos BRS 1031 e BRS 1001 em relação à silagem do híbrido BRS 1035. Para as silagens produzidas nos pontos farináceo e farináceo-duro, não houve diferença significativa no CR observado para os animais alimentados com as silagens dos diferentes híbridos.

Para a obtenção de energia durante os processos metabólicos ocorre consumo de O_2 com produção de CO_2 , sendo que tal relação é expressa pelo quociente respiratório (CR) (Chwalibog, 2004). Este valor é uma referência ao substrato metabólico utilizado, sendo que valores de CR próximos a 1,0 seriam para carboidratos, 0,8 para proteína e 0,7 para gorduras (Kleiber, 1972). Assim, o menor CR observado para os animais que receberam a silagem do híbrido BRS 1001 colhida no ponto farináceo-duro se deve ao balanço de nitrogênio negativo encontrado para os animais que receberam este tratamento, o que pode indicar a mobilização de proteínas, levando assim o valor de CR para próximo de 0,8.

4.4.6 Produção de metano entérico

Não houve variação entre os tratamentos ($P>0,05$) para os parâmetros produção de metano em litros por dia, gramas por dia, gramas por kg de matéria seca ingerida e gramas por kg de matéria seca digestível ingerida (tabela 6). A produção de metano em L/dia variou de 20,82 a 32,55 L/dia. Em relação à produção de metano em g/UTM/dia, a variação encontrada foi de 0,82 a 1,24 g/UTM/dia, enquanto para a produção de metano em g/kg de matéria seca ingerida foi de 17,36 a 22,78 g/kg de MS. Os valores de metano produzido em relação à matéria seca digestível ingerida oscilaram entre 29,75 e 38,68 g/kg de MSD.

Machado (2010) avaliando ovinos alimentados com as silagens de sorgo colhidas em três estádios de maturidade observou uma variação de 13,64 a 22,44 litros por dia. Teixeira (2013) encontrou valores entre 16,43 e 31,52 litros por dia, 0,87 a 1,53 g/UTM/dia, 13,33 a 18,91 g/kg de MS ingerida, e 25,46 a 29,09 g/kg de matéria seca digestível ingerida, para ovinos alimentados com capim elefante cortado em três idades. Santoso et al. (2006) avaliando dietas a base de silagem ou feno de Timothy, observaram produção de metano de 25,17 e 21,94 g/kg de matéria seca ingerida, para os ovinos alimentados com silagem e feno, respectivamente.

Li et al. (2010), avaliaram a produção de metano em cabras alimentadas com uma dieta apresentando 70,9% de digestibilidade da matéria seca, com uma mistura de feno de festuca e concentrado, em uma relação volumoso:concentrado de 50:50%. Os autores observaram uma produção diária média de metano de 1,09 g/UTM/dia e 24,7 g/kg de MS ingerida. Islam et al. (2000), observaram produção de metano de 23,5 g/kg de MS ingerida para cabras alimentadas com azevém.

A produção de metano está relacionada à fermentação das frações fibrosas da dieta. Assim, a produção de metano por kg de FDN ingerido foi de 33,11 a 48,59, e a produção de metano em g/kg de FDN digestível ingerido variou de 57,85 a 122,64 g/UTM/FDND. Não houve diferença significativa na produção de metano em relação ao consumo de FDN e FDND para os animais alimentados com as silagens dos híbridos BRS 1035 e BRS 1031 colhidas em diferentes estádios de maturidade ($P>0,05$). Porém, os carneiros alimentados com a silagem do híbrido BRS 1001 colhido no estágio farináceo apresentaram maior produção de metano por kg de FDN e FDND ingerido em relação aos que receberam a silagem colhida no ponto pastoso ($p<0,05$). Não houve diferença significativa na produção de metano por kg de FDN e FDN ingerido entre os animais alimentados com as silagens dos diferentes híbridos colhidos no mesmo estágio de maturidade ($P>0,05$).

Tabela 6. Valores médios de produção de metano em litros por dia (L/d), em gramas por dia por UTM (g/d/UTM), em gramas por Kg de matéria seca ingerida (g/Kg MS), em gramas por kg de matéria seca digestível ingerida (g/kg MSd), em gramas por kg de FDN ingerido (g/kg FDN) e gramas por kg de FDN digestível ingerido (g/kg FDNd) das silagens dos híbridos de milho BRS 1035, BRS 1031 e BRS 1001 colhidos em três idades.

| Híbridos | Parâmetros | | | | | |
|-----------------|------------------------|----------------------------|----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|------------------------------|
| | CH4 (L/d) ^a | CH4 (g/d/UTM) ^b | CH4 (g/Kg MS) ^c | CH4 (g/Kg MSd) ^d | CH4 (g/kg FDN) ^e | CH4 (g/kg FDNd) ^f |
| BRS 1035 | | | | | | |
| Pastoso | 20,82 | 0,82 | 19,56 | 33,08 | 33,47 | 63,83 |
| Farináceo | 20,94 | 0,83 | 18,86 | 34,67 | 34,57 | 79,57 |
| Farináceo-duro | 26,36 | 1,06 | 19,37 | 36,15 | 37,83 | 100,59 |
| BRS 1031 | | | | | | |
| Pastoso | 20,92 | 0,84 | 17,36 | 29,75 | 33,11 | 71,78 |
| Farináceo | 22,57 | 0,94 | 17,90 | 31,02 | 37,70 | 98,42 |
| Farináceo-duro | 27,16 | 1,06 | 19,95 | 36,56 | 37,08 | 87,69 |
| BRS 1001 | | | | | | |
| Pastoso | 26,35 | 1,06 | 18,90 | 30,82 | 32,23 b | 57,85 b |
| Farináceo | - | - | - | - | - | - |
| Farináceo-duro | 32,55 | 1,24 | 22,78 | 38,68 | 48,59 a | 122,64 a |

Médias seguidas por letras maiúsculas diferentes na mesma coluna apresentam diferença estatística entre os cortes dos diferentes híbridos pelo teste SNK ($p>0,05$). Letras minúsculas diferentes na mesma coluna indicam diferença estatística entre os diferentes cortes para o mesmo híbrido pelo teste SNK ($p>0,05$); ^aCV = 32,02%; ^bCV = 25,96%; ^cCV = 26,25%; ^dCV = 26,84%; ^eCV = 27,53%; ^fCV = 30,38%.

Teixeira (2013) obteve uma produção de metano por kg de FDN e por kg de FDND ingerido de 19,81 a 28,93 g/kg de FDN e 40,34 a 47,96 g/kg de FDND, para ovinos alimentados com capim elefante cortado em diferentes idades. Santoso et al. (2006) encontraram produção de metano em g/kg de FDND de 66,44 e 62,70, para ovinos alimentados com dietas a base de silagem e feno de Timothy. Estermann et al (2002) demonstraram que a energia perdida na forma de metano está relacionada a ingestão de FDN e a digestibilidade da FDN. No estudo de Santoso et al. (2006) a dieta a base de

silagem de Timothy apresentou maior produção de metano ($p < 0,05$) em g/kg de FDND, comparado com dieta a base de feno. Essa maior produção de metano pode ter sido resultado do aumento da digestibilidade da fibra resultante da atividade microbiana no processo de ensilagem. Esses resultados suportam a ideia que em dietas com alta participação de fibra estão associadas a um maior tempo de retenção dos alimentos no rúmen, e conseqüentemente maior digestibilidade da FDN, e portanto maior produção de metano.

Dessa forma, devido ao baixo consumo de MS observado para todos os tratamentos no presente experimento, juntamente com o baixo aporte de proteína, pode ter levado a um maior tempo de retenção das frações fibrosas no rúmen, e por isso as produções de metano em g/kg de FDN e g/kg de FDND foram maiores em relação aos estudos de Teixeira (2013) e Santoso et al. (2006).

4.5 CONCLUSÕES

As silagens dos três híbridos avaliados apresentaram baixo consumo de energia líquida para todos os pontos de corte avaliados, sendo esses próximos aos limites necessários para atender a exigência de manutenção de ovinos. A produção de metano e as perdas energéticas não foram influenciadas pelo avanço da maturidade da planta de milho.

4.6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BLAXTER, K. L. 1962. *The Energy Metabolism of Ruminants*. Springfield, IL. Charles C. Thomas.

BLAXTER, K.L.; CLAPPERTON, J.L. Prediction of the amount of methane produced by ruminants. *Br. J. Nutr.*, v. 19, n.4, p.511-522, 1965.

BLAXTER, K. L.; WAINMAN, F. W. The utilization of the energy of different rations by sheep and cattle for maintenance and for fattening. *J. Agric. Sci.*, v. 63, p. 113-128, 1964.

CASTRO, G.H.F. *Silagem de capim tanzânia (Panicum maximum cv Tanzânia) em diferentes idades*. 2008. 125p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

CHWALIBOG, A. *Physiological basis of heat production – The fire of life*. Research School of Nutrition and Physiology, 2004.

COMMONWEALTH SCIENTIFIC AND INDUSTRIAL RESEARCH ORGANIZATION - CSIRO PUBLISHING. *Nutrient requirements of domesticated ruminants*. Collingwood, Australia. 2007. 270p.

ESTERMANN, B.L.; SUTTER, F.; SCHLEGEL, P.O.; et al. Effect of calf age and dam breed on intake, energy expenditure, and excretion of nitrogen, phosphorus, and methane of beef cows with calves. *J. Anim. Sci.* v.80, p. 1124–1134. 2002.

FOX, D.G; TYLUTKI, T.P.; TEDESCHI, L.O. *et al.* Sistema de carboidratos e proteínas líquidos para avaliação da nutrição de rebanhos e excreção de nutrientes (CNCPS Versão 5.0): Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2003. 202p (documentação do Modelo CNCPS).

FREITAS, G. A. R. *Consumo e digestibilidade aparente das silagens de cinco genótipos de milho (Zea mays L.)*. 2002. 50p. Dissertação (Mestrado em Nutrição Animal) – Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG.

FREITAS, G. A. R.; COELHO, S. G.; GONÇALVES, L. C. Consumo e digestibilidade aparente da matéria seca, proteína e energia bruta, e balanço de nitrogênio das silagens de cinco genótipos de milho. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v. 55, n. 4, 2003.

GETACHEW, G., BLÜMMEL, M., MAKKAR, H.P.S., *et al.* In vitro gas measuring techniques for assesment of nutritional quality of feeds: a review. *Animal Feed Science and Technology*, v.72, p.261-281, 1998.

ISLAM, M.; ABE, H.; HAYASHI, Y.; TERADA, F. Effects of feeding Italian ryegrass with corn on rumen environment, nutrient digestibility, methane emission, and energy and nitrogen utilization at two intake levels by goats. *Small Ruminant Res.* v. 38, p. 165-174. 2000.

JOHNSON, K.A.; JOHNSON, D.E. Methane Emissions from Cattle. *J. Anim. Sci.*, v.73, p.2483- 2492, 1995.

KLEIBER, M. Bioenergia animal: El fuego de la vida. Zaragoza: Editorial Acribia, 1972, 428p.

LI, D. H.; KIM, B. G.; LEE, S. R. A respiration-metabolism chamber system for measuring gas emission and nutrient digestibility in small ruminant animals. *Rev. Colomb. Cienc. Pecu.* v.23, p. 444-450. 2010.

MACHADO, F. S. *Consumo, digestibilidade aparente, participação de energia e produção de metano em ovinos alimentados com silagens de sorgo em diferentes estádios de maturação*. 2010. 107p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais.

MOSS, A.R. Methane production by ruminants – Literature review of I. Dietary manipulation to reduce methane production and II. Laboratory procedures for

estimating methane potential of diets. *Nutrition abstracts and reviews* (series B), v.64, p.785-806, 1994.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. *Nutrient requirements of small ruminants*. 2007, 362p.

RIBAS, M. N. *Avaliação nutricional de silagens de milho com diferentes graus de vitreosidade e com perfil de aminoácidos modificado*. 2006, 61f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Escola de Veterinária, UFMG. Belo Horizonte.

RIBAS, M. N. *Avaliação agronômica e nutricional de híbridos de sorgo com capim-sudão, normais e mutantes bmr- portadores de nervura marrom*. 2010. 128f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

SANTOSO, B.; MWENYA, B.; SAR, C.; TAKAHASHI, J. Methane production and energy partition in sheep fed thiothy silage or hay-based diets. *JITV*. v. 12, n.1, p. 27-33. 2006.

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

TEIXEIRA, A. M. *Valor nutricional do capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) verde em diferentes idades de corte*. 2013, 105f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Escola de Veterinária, UFMG. Belo Horizonte.

WILKERSON, V.A.; CASPER, D.P.; MERTENS, D.R. The prediction of methane production of Holstein cows by several equations. *Journal of Dairy Science*, v.78, p.2402-2414, 1995.

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

VELASCO, F. O. *Valor nutritivo da *Brachiaria decumbens* em três idades*. 2011. 98p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

VEIGA, I. R. F. M. *Avaliação agronômica e valor nutritivo das silagens e do rolão de três híbridos de milho colhidos em quatro estádios de maturação*. 2008. 82f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Veterinária Belo Horizonte, MG.

CAPÍTULO 5 – EXPERIMENTO III

CINÉTICA DE FERMENTAÇÃO RUMINAL “IN VITRO” DAS SILAGENS DE TRÊS HÍBRIDOS DE MILHO EM TRÊS IDADES

5. 1 RESUMO

Objetivou-se com este estudo avaliar a cinética de fermentação de três híbridos de milho (BRS 1035, BRS 1031 e BRS 1001) colhidos em três estádios de maturidade (pastoso, farináceo e farináceo-duro). O delineamento utilizado foi blocos ao acaso com parcelas subdivididas, tendo como fontes de variação os inóculos (três), idades de corte (três), híbridos (parcelas) (três) e tempos de incubação (subparcelas). Após 24 e 48 horas de fermentação, para as silagens do híbrido BRS 1031, houve maior produção cumulativa de gases (PCG) para a silagem colhida no estádio farináceo em relação a silagem colhida no estádio farináceo-duro ($p < 0,05$), sendo que não houve diferença na PCG da silagem colhida no estádio pastoso para as demais ($P > 0,05$). Para as silagens do híbrido BRS 1001, no tempo de fermentação de 24 horas a silagem colhida no estádio farináceo-duro apresentou maior PCG, enquanto a silagem colhida no estádio pastoso apresentou a menor PCG ($p < 0,05$). Para o tempo de fermentação de 48 horas, a silagem colhida no estádio farináceo-duro apresentou maior PCG ($p < 0,05$). Com 96 horas de fermentação não houve diferença na PCG entre as silagens dos híbridos colhidas nos diferentes estádios de maturidade ($P > 0,05$). O potencial máximo de degradação das silagens de todos os híbridos reduziu com o avançar da maturidade da planta, sendo a variação encontrada de 259,32 a 279,96 ml/g de matéria seca (MS). Os valores de *lag* variaram de 0h 06min a 1h 54min. Para as silagens dos híbridos BRS 1035 e BRS 1001, houve aumento no *lag* com o avançar da maturidade da planta. Para as silagens do híbrido BRS 1031, houve aumento dos valores de *lag* quando a planta avançou do estádio pastoso para farináceo, e reduziu quando a maturidade alcançou o estádio farináceo-duro. A taxa fracional de produção de gases μ oscilou entre 0,0292 mL/h a 0,0447 mL/h. Com o avançar da maturidade fisiológica as silagens dos híbridos BRS 1035 e BRS 1001 apresentaram aumento nos valores de μ , já para as silagens do híbrido BRS 1031, os valores de μ aumentaram quando o estádio de maturidade avançou de pastoso para farináceo, e reduziu para farináceo-duro. Os valores das degradabilidades efetivas foram superiores para as silagens dos diferentes híbridos colhidas no estádio pastoso. As degradabilidades da MS com o tempo de fermentação de 96 horas variaram de 70,14 a 76,40%. Apenas para as silagens do híbrido BRS 1031 houve diferença na DMS com 96 horas de fermentação entre as diferentes épocas de colheita, de forma que a silagem colhida no estádio farináceo-duro apresentou menor DMS. Entre as silagens dos diferentes híbridos colhidos no mesmo estádio de maturidade, no estádio pastoso, as silagens do híbrido BRS 1001 apresentou maior DMS em relação a silagem do híbrido BRS 1035, de forma que a silagem do híbrido BRS 1031 não diferiu das anteriores. Para o estádio farináceo, não houve diferença na DMS das silagens dos diferentes híbridos ($P > 0,05$). No estádio farináceo-duro, a silagem do híbrido BRS 1001 apresentou maior DMS ($p < 0,05$). As silagens do híbrido BRS 1035 apresentaram melhor valor nutricional quando colhida no estádio pastoso de maturidade. Já a silagem do híbrido BRS 1031 apresentou valor nutricional superior no estádio farináceo, enquanto as silagens do híbrido BRS 1001 apresentou melhor valor nutricional no estádio farináceo-duro.

Palavras chave: produção de gás, degradabilidade, estádio de maturidade.

5.2 INTRODUÇÃO

Nos sistemas de produção de ruminantes, para que se consiga boas produtividades dos animais durante todo o ano, precisa-se pensar em alternativas para conservação das forragens produzidas durante a estação chuvosa, de forma que possam ser utilizadas durante o período do ano de escassez de chuva.

Assim, a ensilagem tem sido o método preferido para conservação de forragens, pois é uma técnica menos dependente das variações climáticas, rápida e pouco dependente de maquinário especializado. O milho tem sido a espécie forrageira mais utilizada para a ensilagem, por ser uma forragem que apresenta bom valor nutricional, alto potencial produtivo de matéria seca por hectare, baixo custo de produção, facilidade de colheita e de ensilagem e por apresentar um grande número de cultivares adaptadas a diferentes situações.

O valor nutricional da planta original reflete muito no valor nutricional do material após a ensilagem, desde que todas as etapas do processo de ensilagem sejam feitas conforme as recomendações técnicas. Com o avançar da idade da planta, ocorre aumento da produção de matéria seca juntamente com uma maior participação de espigas na massa produzida. Assim, o valor nutricional da planta é determinado tanto pelo percentual de participação de cada uma das frações da planta (espiga, caule e folha), como pela digestibilidade de cada uma dessas frações.

Dessa forma, a técnica *in vitro* semi-automática de produção de gases faz a mensuração dos gases produzidos a partir da fermentação do substrato em meio de cultura acrescido de inóculo microbiano em meio anaeróbico. Com isso, consegue-se descrever a cinética de fermentação, taxa e extensão da degradação das forrageiras, com a vantagem de se conseguir avaliar um grande número de amostras com baixo custo e alta repetibilidade.

Objetivou-se com este trabalho avaliar a cinética de fermentação de três híbridos de milho (BRS 1035, BRS 1031 e BRS 1001) colhidos em três idades, pela técnica *in vitro* semi-automática de produção de gases.

5.3 MATERIAL E MÉTODOS

Para a avaliação da cinética de fermentação das silagens de milho, foram utilizados os mesmos materiais do experimento I.

O ensaio de produção de gases foi realizado nas dependências do laboratório da Embrapa Gado de Leite, localizado em Juiz de Fora, Minas Gerais, utilizando-se a técnica semi-automática de produção de gases conforme a metodologia proposta por Theodorou et al. (1994).

As amostras das silagens foram secas em estufa de ventilação forçada a 55°C, moídas em moinho tipo “Willey” com peneiras de 1mm e acondicionadas em recipientes plásticos. As amostras de cada tratamento foram acondicionadas em frascos (50 mL) previamente lavados com água destilada e posteriormente secos em estufa. Visando à manutenção de fermentações anaeróbicas, em todos os frascos foi injetado CO₂ anteriormente à adição do substrato. Foi adicionado a cada frasco 0,3125 g de substrato conforme recomendações de Beuvink e Spoelstra (1992), sendo que foram utilizados três frascos por tratamento (três réplicas para cada uma das amostras).

Foram adicionados 28 ml de meio de cultura em cada frasco (Theodorou et al., 1994), sendo que também foram incubados frascos controle sem substrato contendo apenas os inoculos para corrigir a liberação de gases proveniente da fermentação de resíduos do inoculo. Os frascos então foram vedados garantindo a completa manutenção de gases no seu interior. Os frascos foram colocados em estufa para atingirem 39°C.

Os inoculos (líquidos ruminais) foram colhidos de 3 vacas mestiças (Holandês x Zebu), fistuladas no rúmen, pesando em torno de 550 kg, na Fazenda da Embrapa Gado de Leite, localizada em Coronel Pacheco, Minas Gerais. Os animais foram alimentados com silagem de milho e 2kg de concentrado comercial (20% de proteína bruta) por dia. O líquido ruminal coletado foi retirado manualmente de várias partes do rúmen e armazenado em garrafas térmicas previamente aquecidas. No laboratório, o inoculo foi filtrado, passando por duas camadas de panos de algodão sob injeção contínua de CO₂ e mantido em banho-maria a 39°C. Os inoculos foram injetados nos frascos (3,0 ml) e então levados à estufa a 39°C até a primeira leitura.

A produção de gases foi mensurada nos tempos de 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 17, 20, 24, 28, 34, 48, 72 e 96 horas após a incubação. A pressão originada pelos gases acumulados nos frascos foi medida através de transdutor de pressão GE-DPI 705. A conversão dos valores de pressão de gases para volume de gases foi estimada a partir de regressão linear, na seguinte equação pré-estabelecida para as condições laboratoriais da Embrapa Gado de Leite:

$$VG = - 0,0171x^2 + 3,0926x + 0,0078$$

Em que:

VG = volume de gases (mL);

X = pressão dos gases (libra por polegada quadrada “psi – Pound square inch”).

A cinética da produção cumulativa de gases foi analisada empregando-se o modelo matemático unicompartimental de France et al. (1993):

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

em que,

Y = produção acumulativa de gases (ml);

A = máxima produção acumulada de gases (ml);

L = é a tempo de colonização (h);

b (h^{-1}) e c ($h^{-0,5}$) = taxas fracionais constantes;

t = tempo (h).

A taxa fracional média (h^{-1}) de produção de gases (μ) foi calculada como:

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

em que,

μ = taxa de produção de gases (h^{-1}); sendo os demais termos definidos anteriormente.

O delineamento experimental utilizado para a avaliação estatística da produção acumulativa de gases foi o de blocos ao acaso com parcelas subdivididas, tendo como fontes de variação: inoculos (blocos), idade de corte e híbridos (parcelas) e tempos de incubação (subparcelas).

O teste estatístico utilizado na comparação das médias dos tratamentos foi o teste SNK ($p < 0,05$) com o auxílio do software SAEG (EUCLYDES, 2005).

5.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A composição bromatológica para os substratos incubados é a mesma apresentada na tabela 1 do capítulo 3.

Ao longo do processo fermentativo, de 6 até 96 horas, houve aumento na produção cumulativa de gases (PCG) para as silagens dos híbridos colhidos em todos os estádios de maturidade, indicando que até 96 horas de fermentação havia substrato fermentável no material incubado (tabela 1).

Após 6 e 12 horas de fermentação, não houve diferença ($p > 0,05$) na produção cumulativa de gases entre as silagens dos híbridos colhidas em diferentes pontos de corte (tabela 2). Após 24 e 48 horas de fermentação, não houve diferença na PCG para as silagens do híbrido BRS 1035 cortados nos diferentes estádios de maturidade ($p < 0,05$). Já para as silagens do híbrido BRS 1031 após 24 e 48 horas de fermentação, a silagem cortada no ponto farináceo apresentou maior PCG em relação a silagem colhida no estádio farináceo-duro ($p < 0,05$), sendo que a silagem colhida no estádio pastoso não diferiu das anteriores quanto a PCG ($P > 0,05$). Já para as silagens do híbrido BRS 1001 após 24 horas de fermentação, a silagem colhida no estádio farináceo-duro apresentou

maior PCG, enquanto a silagem colhida no estágio pastoso apresentou menor PCG ($P < 0,05$). Com 48 horas de fermentação, as silagens do híbrido BRS 1001 obtida no ponto farináceo-duro apresentou maior PCG em relação as silagens colhidas nos demais estádios ($p < 0,05$). No tempo de fermentação de 96 horas, não houve diferença na PCG das silagens dos híbridos colhidos nos diferentes estádios.

Tabela 1. Produção acumulativa de gases (ml/g de MS) pela técnica “in vitro” semi-automática de produção de gases das silagens de três híbridos de milho colhidos em três idades.

| Híbrido | Corte | Período de Fermentação | | | | |
|----------|----------------|------------------------|--------|-----------|-----------|--------|
| | | 6 | 12 | 24 | 48 | 96 |
| BRS 1035 | Pastoso | 58,95 | 96,61 | 142,41 | 208,95 | 254,18 |
| | Farináceo | 55,53 | 96,41 | 163,76 | 229,25 | 276,52 |
| | Farináceo-duro | 44,08 | 86,56 | 163,91 B | 226,94 B | 265,53 |
| BRS 1031 | Pastoso | 57,34 | 101,64 | 159,91 ab | 228,10 ab | 272,01 |
| | Farináceo | 53,26 | 99,23 | 176,80 a | 243,01 a | 282,05 |
| | Farináceo-duro | 43,64 | 80,67 | 144,84 bB | 213,03 bB | 263,35 |
| BRS 1001 | Pastoso | 57,51 | 98,91 | 155,64 c | 222,49 b | 265,69 |
| | Farináceo | 52,06 | 98,66 | 172,10 b | 233,83 b | 268,02 |
| | Farináceo-duro | 45,89 | 97,53 | 191,29 aA | 250,12 aA | 276,69 |

Médias seguidas por letras maiúsculas diferentes na mesma coluna apresentam diferença entre os pontos de colheita dos diferentes híbridos pelo teste SNK ($P < 0,05$). Letras minúsculas na mesma coluna diferem entre os cortes de um mesmo híbrido. CV = 6,87%

Para as silagens do híbrido BRS 1031 colhidas em três idades, com 24 horas de fermentação, a silagem colhida no farináceo apresentou maior PCG em relação a silagem colhida no estágio farináceo-duro, sendo que a silagem colhida no estágio pastoso não diferiu das demais. O mesmo comportamento foi observado quando o período de fermentação atingiu 48 horas. Já com 96 horas de fermentação, as silagens obtidas nos diferentes estádios apresentaram valores semelhantes ($p < 0,05$) para as PCG. Na estequiometria da fermentação das hexoses no rúmen proposta por Wolin (1983), as reações de produção de propionato não formam CO_2 , o que reduziria o potencial de produção de gases, enquanto que quando a fermentação das hexoses é favorável à formação de acetato e butirato há produção de CO_2 , aumentando assim o potencial máximo de produção de gases. Porém se observa maior proporção de acetato a partir da fermentação das frações fibrosas. Como pode-se observar na tabela 2 do experimento I no capítulo 3, não houve muita variação nos valores de FDN das silagens do híbrido BRS 1031 com o avanço dos estádios de maturidade da planta, sendo 54,86; 51,96 e 52,66% de FDN para as silagens colhidas nos estádios pastoso (87 dias), farináceo (94 dias) e farináceo-duro (101 dias), respectivamente. Além disso, como pode ser observado na tabela 6 do experimento I no capítulo 3, não houve diferença na digestibilidade da MS (57,85; 61,21 e 56,19%, para as silagens colhidas nos pontos pastoso, farináceo e farináceo-duro, respectivamente) e da FDN (47,15; 49,91 e 42,20%, respectivamente para as silagens colhidas nos estádios pastoso, farináceo e farináceo-

duro, respectivamente) das silagens do híbrido BRS 1031 colhida nos diferentes cortes. Dessa forma, essa diferença de PCG ocorrida nos tempos de fermentação de 24 e 48 horas pode ter ocorrido devido a menor disponibilidade de amido nos grãos com o avançar da maturidade, reduzindo assim o substrato para a fermentação ruminal, reduzindo a PCG. Segundo Corrêa et al. (2002), com o avançar da maturidade da planta de milho ocorre um aumento na vitreosidade e na densidade dos grãos, e consequentemente redução na degradabilidade do amido, o que pode ter levado a uma redução na quantidade de substrato disponível para a fermentação ruminal nesses tempos iniciais (24 e 48 horas).

Pôssas (2007) avaliando quatro híbridos de milho com diferentes graus de vitreosidade, observou que a desaparecimento ruminal do amido variou de 90,93 a 93,46% com 24 horas, de forma que a degradação do amido poderá interferir, principalmente, na PCG nos tempos iniciais de fermentação.

Para as silagens do híbrido BRS 1001, pode-se observar que com 24 horas de fermentação, a PCG foi maior para as silagens colhidas no estágio farináceo-duro, sendo que as silagens colhidas no estágio farináceo apresentaram maior PCG em relação as colhidas no estágio pastoso. Com 48 horas de fermentação, a PCG das silagens foi maior para as silagens produzidas no estágio farináceo-duro, sendo que a PCG das silagens obtidas no estágio pastoso foi semelhante ($P < 0,05$) a das silagens colhidas no ponto farináceo. Quando o período de fermentação atingiu 96 horas, as silagens obtidas nos três estádios de crescimento apresentaram PCG semelhantes ($P < 0,05$). As reações de degradabilidade das frações fibrosas favorecem a produção de acetato no rúmen, de forma que isso favorece a maior produção de gases. Porém, de acordo com o experimento I no capítulo 3, não houve grandes variações nos teores de FDN (tabela 2 do capítulo 3) das silagens colhidas nos diferentes estádios de maturidade (56,0; 53,59 e 54,16% de FDN, para as silagens colhidas nos estádios pastoso, farináceo e farináceo-duro, respectivamente), como também não houve diferença na digestibilidade da FDN (tabela 6 do capítulo 3) das silagens colhidas nos pontos pastoso, farináceo e farináceo-duro, sendo 53,07; 56,07 e 48,19%, respectivamente.

Dessa forma, as maiores PCG encontradas para as silagens do híbrido BRS 1001 colhida no ponto farináceo-duro nos períodos de fermentação de 24 e 48 horas, podem ser explicadas por um maior acúmulo de amido nos grãos com o avançar da maturidade da planta, gerando mais substrato para a fermentação ruminal, de forma que, diferentemente do que ocorreu com as silagens do híbrido BRS 1031, o aumento da vitreosidade dos grãos que ocorre com o avanço da maturidade da planta, pode não ter sido suficiente para provocar uma grande redução na digestibilidade dos grãos. É importante ressaltar, que os grãos do híbrido BRS 1001 são classificados como grãos duros, enquanto os grãos do híbrido BRS 1031 são classificados como semi-duros.

Assim, as silagens dos três híbridos demonstraram comportamentos diferentes quanto a PCG, evidenciando a importância da avaliação de cada cultivar a ser desenvolvido. Além disso, os resultados de PCG mostram que a técnica semi-automática de produção

de gases é eficiente para demonstrar a extensão da degradação, mas não mostra com eficiência a característica dos nutrientes que estão sendo degradados, bem como os tipos de ácidos graxos voláteis que estão sendo produzidos.

Já para as silagens colhidas no estágio farináceo-duro, nos tempos de fermentação de 24 e 48 horas houve uma maior PCG para as silagens do híbrido BRS 1001. Para os demais tempos de fermentação, não houve diferença entre as silagens dos híbridos. Essa maior PCG para o híbrido BRS 1001 aos 24 e 48 horas de fermentação, pode ter ocorrido por ter apresentado maior quantidade de carboidratos fermentáveis no rumen, com consequente maior PCG. Quando se comparou os momentos de colheita em relação ao híbrido BRS 1001, foi observado maior PCG para os tempos de 24 e 48 horas para o estágio farináceo-duro, mostrando essa possível maior acumulo de amido nos grãos.

Ribas (2006) analisando as silagens de quatro híbridos de milho (SHS 4040, QPM 129, BRS 3060 e AG 1051), verificou aumento significativo da PCG ao longo dos processos fermentativos de todos os híbridos até 96 horas, resultado semelhante ao do presente estudo. Porém as PCG encontradas pelo autor foram abaixo das PCG encontradas no presente estudo nos tempos de 6 (20,6 a 24,5 ml/g MS), 12 (65,9 a 72,7 ml/g MS) e 96 horas (220,9 a 245,0 ml/g de MS). Para os tempos de 24 e 48 horas, os resultados foram semelhantes aos do presente estudo, sendo de 142,9 a 170,4, e de 188,1 a 215,2 ml/g de MS, respectivamente.

Faria (2002), também avaliando silagem de milho, encontrou valores de PCG semelhantes aos do presente estudo, sendo 48,99; 112,13; 174,40 e 249,58 ml/g de MS para os tempos 6, 12, 24 e 96 horas, respectivamente. Da mesma forma, Veiga (2008), avaliando os mesmos híbridos do presente estudo, em quatro idades de corte, encontraram valores semelhantes de PCG, sendo que para 6 horas de fermentação a PCG variou de 51,87 a 54,33; em 12 horas de 102,86 a 105,91; 24 horas de 175,63 a 178,65; e com 96 horas de fermentação de 240,23 a 250,85 ml/g de MS.

Para as silagens dos três híbridos avaliados, o potencial máximo de produção de gases (A) foi maior para as silagens colhidas no estágio pastoso, reduzindo-se no estágio farináceo, sendo ainda menor no estágio farináceo-duro (tabela 2). Os valores de A variaram de 259,32 a 279,96 ml/g de MS, sendo esses valores acima dos encontrados por Ribas (2006), que variaram de 219 a 233 ml/g de MS, para as silagens dos quatro híbridos avaliados. Esses valores de A (potencial máximo de produção de gases) podem ser considerados como a expressão máxima da degradação ruminal de um alimento, sem considerar a limitação de tempo de permanência da digesta no rúmen. Os valores encontrados no presente estudo, foram um pouco superiores aos encontrados por Faria (2002), que encontrou para silagem de milho um potencial máximo de produção de gases de 245 ml/g de MS.

Assim, com o avançar da idade houve redução no potencial máximo de produção de gases, e essa redução foi mais acentuada para as silagens do híbrido BRS 1001 colhida

no estágio farináceo. Porém, a avaliação do potencial máximo de produção de gases deve ser criteriosa, pois a relação entre os ácidos graxos voláteis no produto final da fermentação, principalmente acetato/propionato, tem efeito direto sobre esse parâmetro (Getachew et al., 1998). Dessa forma, com o avançar da maturidade da planta de milho, ocorre maior acúmulo de amido nos grãos, favorecendo maior produção de propionato no rúmen, reduzindo assim o potencial máximo de produção de gases.

Tabela 2. Potencial máximo de produção de gases (A) em ml/g de MS, tempo de colonização em horas e minutos (Lag), taxa de produção de gases (μ) em ml/g de MS/h, degradabilidade efetiva da matéria seca (DE) (%/h) e equações geradas pelas análises de regressão ao modelo de France et al., (1993) das silagens de três híbridos de milho cortados em três épocas.

| Híbridos | A | Lag | μ | R ² | DE (%) | | Equações |
|----------------|--------|------|--------|----------------|--------|-------|----------|
| | | | | | 2,0 | 5,0 | |
| BRS 1035 | | | | | | | |
| Pastoso | 276,18 | 0:06 | 0,0292 | 0,97 | 71,50 | 69,14 | 1 |
| Farináceo | 272,25 | 0:27 | 0,0361 | 0,98 | 69,01 | 66,09 | 2 |
| Farináceo-duro | 259,32 | 1:20 | 0,0447 | 0,97 | 67,04 | 62,56 | 3 |
| BRS 1031 | | | | | | | |
| Pastoso | 279,96 | 0:06 | 0,0349 | 0,94 | 72,54 | 70,18 | 4 |
| Farináceo | 273,09 | 1:08 | 0,0426 | 0,97 | 71,56 | 67,45 | 5 |
| Farináceo-duro | 261,02 | 0:54 | 0,0346 | 0,95 | 67,57 | 63,85 | 6 |
| BRS 1001 | | | | | | | |
| Pastoso | 275,65 | 0:06 | 0,0337 | 0,98 | 74,45 | 72,02 | 7 |
| Farináceo | 261,27 | 0:51 | 0,0441 | 0,97 | 72,30 | 68,44 | 8 |
| Farináceo-duro | 262,88 | 1:51 | 0,0545 | 0,98 | 72,25 | 66,42 | 9 |

R² = coeficiente de determinação. ¹Y = 276,1804 x {1 - exp^[-(0,0204) x (t - 0,10122) - (0,05639) x (√t - √0,10122)]}; ²Y = 272,2453 x {1 - exp^[-(0,0438) x (t - 0,4518) - (-0,06373) x (√t - √0,4518)]}; ³Y = 259,3200 x {1 - exp^[-(0,0606) x (t - 1,3336) - (-0,1401) x (√t - √1,3336)]}; ⁴Y = 279,9615 x {1 - exp^[-(0,0315) x (t - 0,1007) - (0,0235) x (√t - √0,1007)]}; ⁵Y = 273,0852 x {1 - exp^[-(0,0555) x (t - 0,9947) - (-0,1106) x (√t - √0,9947)]}; ⁶Y = 261,0219 x {1 - exp^[-(0,0443) x (t - 0,8974) - (-0,0841) x (√t - √0,8974)]}; ⁷Y = 275,6520 x {1 - exp^[-(0,0294) x (t - 0,1007) - (0,0299) x (√t - √0,1007)]}; ⁸Y = 261,2659 x {1 - exp^[-(0,0566) x (t - 0,8532) - (-0,1046) x (√t - √0,8532)]}; ⁹Y = 262,8847 x {1 - exp^[-(0,0785) x (t - 1,8528) - (-0,2142) x (√t - √1,8528)]};

Esse fato pode ser evidenciado nos estudos de Pôssas et al. (2006) que avaliaram o valor nutricional das silagens de milho com diferentes graus de vitreosidade, sendo que os híbridos utilizados (SHS 4040, QPM 129, AG 1051 e BRS 3060) foram os mesmos do estudo de Ribas (2006), porém Pôssas et al. (2006) utilizaram a técnica de incubação *in situ*, enquanto Ribas (2006) utilizou a técnica semi-automática de produção de gases. Os teores de amido na MS observados por Pôssas et al. (2006) foram de 35,69% para as

silagens do híbrido SHS 4040 de grãos duros, 35,49% para do QPM 129 de grãos semi-duros, 44,30% para do AG 1051 de grãos macios e 38,14 para do BRS 3060 de grãos semi-duros. A maior proporção de amido na MS encontrada para a silagem do híbrido AG 1051 pode justificar o menor potencial de produção de gases encontrado no estudo de Ribas (2006), devido à maior produção de propionato durante o processo fermentativo.

Dessa forma, a interpretação dos resultados deve ser realizada com cautela, sendo que os materiais colhidos em estádios de maturação mais tardios não devem ser classificados como de pior valor nutricional por ter apresentado um menor potencial de produção de gases, já que a relação dos produtos da fermentação não foi avaliada.

O “*lag time*” ou tempo de colonização, representa o tempo compreendido entre a incubação até o início da ação microbiana sobre as partículas de alimento incubadas. Assim, a redução no tempo de colonização é favorecido pela presença de substratos prontamente fermentáveis e por características físicas e químicas da parede celular da amostra.

Para as silagens dos híbridos BRS 1035 e BRS 1001, houve aumento no *lag* com o aumento da idade da planta. Para as silagens do híbrido BRS 1031, houve aumento no *lag* quando a planta passou do estágio pastoso para farináceo, e uma redução quando avançou para farináceo-duro. Esse aumento no *lag* em relação a idade planta, pode ter ocorrido devido a redução da qualidade da fração fibrosa com o avançar da idade da planta. Além disso, com o avanço da maturidade fisiológica da planta, a proporção de espigas também aumenta, porém a vitreosidade dos grãos também se eleva, dificultando o acesso das bactérias aos grânulos de amido, contribuindo assim para o aumento do *lag time*. As silagens do híbrido BRS 1001 apresentam grãos duros, enquanto os demais híbridos são semi-duros. Dessa forma, isso justifica o maior valor de *lag time* para as silagens desse híbrido no estágio farináceo-duro, evidenciando que quanto maior o tempo de maturidade da planta, maior a participação de espigas, e conseqüentemente, maior influencia sobre os resultados.

Os valores de *lag time* variaram de 0h 06min à 1h 54min, sendo esses valores inferiores aos observado por Ribas (2006), que encontrou valores entre 1h 42min a 3h 37min. Faria (2002) encontrou valores de *lag* próximos aos das silagens dos híbridos do presente estudo colhidos no estágio farináceo-duro, sendo o valor encontrado por Faria (2002) de 1h 35min. Veiga (2008) trabalhando com os mesmos híbridos do presente estudo em quatro pontos de corte, encontrou valores de *lag* superiores, variando de 2h 34min a 2h 50min.

A taxa fracional de produção de gases é representada pela letra grega μ no modelo de France et al. (1993). Na avaliação de forrageiras, quanto maior a digestibilidade maior será a degradabilidade potencial do material, representado pela letra *A* na técnica *in vitro* de produção de gases, porém, para uma melhor resposta animal são desejadas

elevadas taxas de degradação (equivalente à taxa de produção de gases) fazendo com que o potencial de degradação seja rapidamente atingido.

Com o avançar da maturidade fisiológica, as silagens dos híbridos BRS 1035 e BRS 1001 apresentaram aumento gradativo de μ . Já para as silagens do híbrido BRS 1031, houve um aumento nos valores de μ entre os estádios pastoso e farináceo, e uma redução quando avançou para farináceo-duro. Houve uma variação na taxa de produção de gases de 0,0292 ml/g de MS/h a 0,0447 ml/g de MS/h.

Segundo Ribas (2006), a variação nas taxas de produção de gases foi de 0,009 mL/h para a silagem do híbrido BRS 3060 a 0,030 mL/h para a silagem do híbrido AG 1051. Leite et al. (2002), ao compararem as taxas de produção de gases entre as silagens de girassol e milho encontraram um valor de μ para a silagem de milho de 0,030 mL/h, próximo ao encontrado no presente estudo. Já Faria (2002) encontrou um valor de 0,060 mL/h em silagem de milho, valor superior aos encontrados nesse estudo.

Os valores de degradabilidade efetiva da matéria seca nas diferentes taxas de passagem (2,0 e 5,0%/hora) foram superiores para as silagens obtidas no estágio pastoso para as silagens de todos os híbridos avaliados, sendo que a degradabilidade efetiva foi reduzindo com o avançar da maturidade da planta para as silagens de todos os híbridos. A silagem do híbrido BRS 1001 apresentou os maiores valores de DE se comparados com as silagens dos demais híbridos colhidas no mesmo ponto de corte. Esse resultado segue os padrões de comportamento observados para a PCG. Assim, apesar dos materiais colhidos nos estádios mais precoces apresentarem menor acúmulo de carboidratos nos grãos, esses materiais apresentam maior degradabilidade devido a menor vitreosidade dos grãos nesse momento.

Na tabela 3, tem-se as degradabilidades da matéria seca (DMS) nos tempos de fermentação avaliados. Não houve diferença da degradabilidade da matéria seca entre os tempos de fermentação de 6 e 12 horas, com exceção das silagens do híbrido BRS 1035 colhidas no estágio farináceo, em que a degradabilidade da matéria seca foi maior para o tempo de 12 horas em relação ao período de fermentação de 6 horas.

A DMS com 96 horas de fermentação variou de 70,14 a 76,40%, sendo esses valores superiores aos encontrados para a digestibilidade aparente da matéria seca (DAMS) do experimento I no capítulo 3, onde a DAMS variou de 55,33 a 64,10%. Esses maiores valores observados para DMS no ensaio utilizando-se a técnica de produção de gases em relação a DAMS, pode ter ocorrido devido ao fato da técnica *in vitro* não levar em consideração alguns aspectos relacionados ao alimento, como o tamanho de partícula, de forma que quanto maior o tamanho de partícula menor será a degradabilidade do alimento, bem como aspectos relacionados ao animal, como ruminação, mastigação e seleção de partículas no cocho.

Tabela 3. Degradabilidade da matéria seca, em porcentagem, após 6, 12, 24, 48 e 96 horas de fermentação das silagens de três híbridos de milho colhidos em três épocas.

| Híbrido | Corte | Período de Fermentação | | | | |
|----------|----------------|------------------------|----------|-----------|----------|-----------|
| | | 6 | 12 | 24 | 48 | 96 |
| BRS 1035 | Pastoso | 31,13 | 33,24 | 38,88 bB | 59,83 | 73,08 B |
| | Farináceo | 27,78 B | 32,54 | 43,76 a | 60,84 | 71,00 |
| | Farináceo-duro | 27,25 B | 29,64 B | 42,07 abB | 56,74 B | 70,18 B |
| BRS 1031 | Pastoso | 32,63 | 34,62 a | 43,32 aA | 61,01 a | 74,13 aAB |
| | Farináceo | 31,01 AB | 32,97 a | 45,30 a | 62,85 a | 74,41 a |
| | Farináceo-duro | 25,38 B | 26,54 bB | 36,64 bC | 54,14 bB | 70,14 bB |
| BRS 1001 | Pastoso | 33,64 | 34,51 | 43,67 cA | 61,88 | 76,08 A |
| | Farináceo | 32,56 A | 33,76 | 46,69 b | 64,54 | 74,97 |
| | Farináceo-duro | 34,78 A | 34,75 A | 50,85 aA | 65,30 A | 76,40 A |

Letras minúsculas na mesma coluna diferem entre os cortes do híbrido avaliado pelo teste SNK ($P < 0,05$). Médias seguidas pelas letras maiúsculas diferem as silagens dos diferentes híbridos colhidos no mesmo corte pelo teste SNK ($p < 0,05$). CV = 3,89%

Para as silagens do híbrido BRS 1035 colhidas nos diferentes estádios de crescimento, apenas no período de fermentação de 24 horas houve diferença na DMS das silagens ($p < 0,05$), em que a silagem colhida no estágio farináceo apresentou maior valor de DMS em relação a silagem colhida no estágio pastoso, sendo que não houve diferença na DMS da silagem colhida no estágio farináceo-duro e as demais ($P > 0,05$). Em relação a PCG, não foi observada diferenças para o período de fermentação de 24 horas para as silagens do híbrido BRS 1035 colhidas em três épocas. Essa menor DMS observada para a silagem colhida no estágio pastoso pode estar relacionada a um menor acúmulo de carboidratos nessa fase.

A DMS das silagens do híbrido BRS 1031 colhidas em três épocas, apresentaram um comportamento semelhante a PCG, de forma que, a DMS foi menor para a silagem produzida no ponto farináceo-duro para os períodos de fermentação de 12, 24, 48 e 96 horas, sendo que para o tempo de fermentação de 6 horas não houve diferença na DMS entre as silagens colhidas nos três estádios de maturidade. Assim como foi discutido para a PCG, essa menor DMS encontrada pode ter ocorrido devido a uma menor digestibilidade dos grãos com o avanço da maturidade, já que não houve diferença na digestibilidade da FDN, como pode ser observado na tabela 6 do capítulo 3. Porém, no ensaio de digestibilidade aparente, não houve diferença na DAMS das silagens do híbrido BRS 1031 produzidas nas diferentes épocas.

Em relação as silagens do híbrido BRS 1001 obtidas em três épocas, apenas no período de fermentação de 24 horas houve diferença na DMS, em que as silagens produzidas no estágio farináceo-duro apresentaram maior DMS (50,85%), enquanto as silagens colhidas no estágio pastoso apresentaram o menor valor de DMS (43,67%). Como discutido na PCG, essa maior DMS observada no tempo de fermentação de 24 horas, pode ter ocorrido devido a um maior acúmulo de amido com o avançar da maturidade

da planta, de forma que para as silagens deste híbrido, o aumento da vitreosidade dos grãos com o avançar da maturidade não prejudicou a digestibilidade dos grãos como ocorreu para as silagens do híbrido BRS 1031, ressaltando que, o híbrido BRS 1001 possui grãos duros, enquanto o BRS 1031 apresenta grãos semi-duros.

Comparando-se a DMS das silagens dos diferentes híbridos colhidos no mesmo estágio de maturidade, para as silagens colhidas no estágio pastoso, houve diferença na DMS das silagens para os tempos de 24 e 96 horas. Após 24 horas de fermentação, as silagens do híbrido BRS 1035 apresentou menor DMS em relação as silagens dos demais híbridos ($p < 0,05$). Para o tempo de incubação de 96 horas, as silagem do híbrido BRS 1001 apresentou maior DMS em relação a silagem do híbrido BRS 1035, de forma que a silagem do híbrido BRS 1031 não diferiu das anteriores ($P > 0,05$). Em relação as silagens colhidas no estágio farináceo, houve diferença na DMS das silagens dos híbridos apenas no tempo de fermentação de 6 horas, de forma que a silagem do híbrido BRS 1001 apresentou maior DMS em relação a silagem do híbrido BRS 1035 ($p < 0,05$), de forma que não houve diferença na DMS da silagem do híbrido BRS 1031 em relação as anteriores ($P > 0,05$). Em relação as silagens colhidas no estágio farináceo-duro, houve diferença na DMS em todos os tempos de fermentação avaliados, de forma que a silagem do híbrido BRS 1001 apresentou maior DMS em relação as demais ($p < 0,05$) nos tempos de fermentação de 6, 12, 48 e 96 horas. No tempo de fermentação de 24 horas, a silagem do híbrido BRS 1001 apresentou maior DMS, enquanto a silagem do híbrido BRS 1035 apresentou o menor valor. Veiga (2008) avaliando as características agrônômicas das silagens dos mesmos híbridos colhidos nos mesmos estádios de maturidade do presente estudo, observou a maior proporção de espigas na silagem do híbrido BRS 1001 colhido no estágio farináceo, o que pode justificar a maior DMS observada para a silagem desse híbrido.

Ribas et al. (2007) observou DMS variando de 57,7 a 65,9% para as silagens de quatro cultivares de milho com diferentes graus de vitreosidade após 96 horas de fermentação. Faria (2002) obteve uma degradabilidade da matéria seca no tempo de 96 horas de incubação para silagem de milho de 79,93%. A composição química e a qualidade de silagens de milho estão associadas a diversos fatores, como cultivar utilizada, condições climáticas, altitude, tratos culturais realizados, adubação, ponto de colheita, dentre outros.

5.5 CONCLUSÕES

De acordo com os parâmetros avaliados, todas as silagens apresentaram bom valor nutricional para a alimentação de ruminantes. As silagens do híbrido BRS 1035 apresentaram melhor valor nutricional quando colhida no estágio pastoso de maturidade. Já a silagem do híbrido BRS 1031 apresentou valor nutricional superior no estágio farináceo, enquanto as silagens do híbrido BRS 1001 apresentou melhor valor nutricional no estágio farináceo-duro.

5.6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BELVINK, J.M.W.; SPOELSTRA, S.F. Interaction between substrate, fermentation end-products, buffering systems and gas production upon fermentation of different carbohydrates by mixed rumen microorganisms in vitro. *Appl. Microb. Biotech.*, v.37, p. 505-509, 1992.

CORREA, C.E.S.; SHAVER, R.D.; PEREIRA, M.N.; LAUER, J.G.; KOHN, K. Relationship between corn vitreousness and ruminal in situ starch degradability. *Journal Dairy Science*. v.85, p.3008-3012. 2002.

FARIA, B.N. *Propilenoglicol e monensina como aditivos para a cana-de-açúcar, silagem de milho e polpa cítrica avaliados pela técnica in vitro semi-automática de produção de gases*. 2002. 80p. Dissertação (Mestrado em Produção Animal) – Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG.

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. *Journal of Theoretical Biology*, 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.

LEITE, L.A., REIS, R.B; MAURÍCIO, R.M., *et al.* Avaliação das silagens de girassol, milho e suas associações pela técnica *in vitro* semi-automática de produção de gases - 2: Efeitos associativos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA 39, 2002, Recife. *Anais...* Recife: SBZ, 2002. CD-ROM

PÔSSAS, F. P. *Avaliação da degradabilidade ruminal in situ das silagens de milho (Zea mays, L.) com diferentes graus de vitreosidade e com perfil de aminoácidos modificado*. 2007. 41p. *Dissertação* (Mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

PÔSSAS, F.P.; GONÇALVES, L.C.; BORGES, A.L.C.C., *et al.* Degradabilidade ruminal “*in situ*” da proteína e do amido das silagens de milho com diferentes graus de vitreosidade e com perfil de aminoácidos modificado. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 43, 2006, João Pessoa, PB. *Anais...* João Pessoa: SBZ, 2006. CD-ROM

RIBAS, M. N. *Avaliação nutricional de silagens de milho com diferentes graus de vitreosidade e com perfil de aminoácidos modificado*. 2006, 61f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Escola de Veterinária, UFMG. Belo Horizonte.

THEODOROU, M. K.; WILLIAMS, B. A.; DHANOA, M. S. et al. A simple gas production method using a pressure transducer to determine the fermentation kinetics of ruminant feeds. *Anim. Feed Sci. Technol.*, v. 48, n. 3-4, p. 185-197, 1994.

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

WOLIN, M. J. A theoretical rumen fermentation balance. *J. Anim. Sci.*, v.43, p.1452-1459, 1983.

VEIGA, I. R. F. M. *Avaliação agrônômica e valor nutritivo das silagens e do rolão de três híbridos de milho colhidos em quatro estádios de maturação*. 2008. 82f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Veterinária Belo Horizonte, MG.

CAPÍTULO 6 - EXPERIMENTO III

DEGRADABILIDADE “IN SITU” DA MATÉRIA SECA E DA MATÉRIA ORGÂNICA DAS SILAGENS DE TRÊS HÍBRIDOS DE MILHO COLHIDOS EM TRÊS IDADES

6.1 RESUMO

Objetivou-se com o presente estudo avaliar a degradabilidade ruminal *in situ* da matéria seca e matéria orgânica das silagens de três híbridos de milho (BRS 1035, BRS 1031 e BRS 1001) colhidos em três diferentes estádios de maturidade (pastoso, farináceo e farináceo-duro). O delineamento utilizado foi blocos ao acaso em esquema de parcelas subdivididas, tendo os animais como blocos, as forrageiras como parcelas e os tempos de incubação como subparcelas. Os valores da fração rapidamente degradável sob a ação da microbiota (a) oscilaram entre 27,0 e 40,0%. Já a fração potencialmente degradável (b) variou de 55,87 a 60,00%. A taxa constante de degradação por hora (c) variou de 0,97 a 1,52 %/h. Para as silagens dos híbridos BRS 1035 e BRS 1001, o menor valor observado para o parâmetro c foi para as silagens colhidas no ponto farináceo-duro. Já para as silagens do híbrido BRS 1031 o menor valor de c observado foi para o corte farináceo. Para as silagens do híbrido BRS 1035 e BRS 1001, as maiores DP obtidas foram para as silagens colhidas no estágio farináceo-duro. Já para as silagens do híbrido BRS 1031, o maior valor da DP foi para a silagem obtida no ponto farináceo. Para as degradabilidades calculadas às 2%/h, os valores oscilaram de 51,69 a 59,66%. Os dados relativos à degradabilidade ruminal da matéria orgânica apresentaram o mesmo comportamento que a degradabilidade da matéria seca. De acordo com os resultados da degradabilidade *in situ* da matéria seca, a silagem do híbrido BRS 1035 apresentou melhor valor nutricional no estágio farináceo-duro. Já a silagem do híbrido BRS 1031 apresentou melhor valor nutricional quando colhida no estágio farináceo, enquanto a silagem do híbrido BRS 1001 apresentou a maior degradabilidade no ponto farináceo-duro.

Palavras chave: degradabilidade ruminal, valor nutritivo, silagem de milho, degradabilidade efetiva.

6.2 INTRODUÇÃO

No Brasil prevalece uma marcante estacionalidade na produção de forragem, característica essa que faz com que os sistemas de produção dependam do planejamento para utilização da forragem produzida durante a estação chuvosa de forma conservada no período seco.

Das espécies forrageiras mais utilizadas na produção de silagens, o milho tem sido a mais utilizada em função da possibilidade de obtenção de alta produção de matéria seca por unidade de área, alto conteúdo energético determinado pelo alto teor de amido na planta, período curto do plantio à colheita, janela de plantio relativamente longa, colheita sem perda significativa de folhas, bom padrão de fermentação no silo, fácil mecanização da colheita e da alimentação do rebanho.

Porém, na formulação de dietas tem-se que buscar reduzir as perdas decorrentes dos processos fermentativos, e conseqüentemente maximização da produção animal. Para isso, é necessário formular dietas considerando-se as frações de carboidratos e nitrogênio dos alimentos, bem como suas taxas de degradação, para que assim se consiga otimizar a síntese de proteína microbiana no rúmen.

Dessa forma, o uso da técnica *in situ* com sacos de náilon possibilita a determinação da degradabilidade de alimentos e seus diversos componentes nutricionais de forma simples e de baixo custo.

Objetivou-se com esse estudo avaliar a degradabilidade ruminal *in situ* da matéria seca e da matéria orgânica das silagens de três híbridos de milho (*Zea mays*, L.) colhidas em três idades.

6.3 MATERIAL E MÉTODOS

Para a avaliação da degradabilidade ruminal *in situ* dos componentes nutricionais das silagens de três híbridos de milho colhidos em três idades, foram utilizados os materiais descritos no capítulo 3, experimento I.

Foram utilizadas para o ensaio de degradabilidade ruminal *in situ* três novilhas mestiças (holandês x zebu) fistuladas no rúmen, com peso aproximado de 450 kg. Os animais foram mantidos em baias que dispunham de bebedouro e cocho, localizada na fazenda da Embrapa Gado de Leite (CNPGL) localizada no município de Coronel Pacheco – MG..

Os animais foram alimentados duas vezes por dia, sendo o arração realizado as 8h00min e às 16h:00min. Os animais foram alimentados com dietas compostas de silagem de milho e 2kg de concentrado comercial com 22% de PB. Água foi fornecida à vontade. As cânulas ruminais eram inspecionadas diariamente, e quando necessária era feita a limpeza e a aplicação de repelentes para evitar a instalação de miíases.

A incubação dos sacos de náilon foram realizadas no dia 14 de março, sendo que a retirada dos últimos sacos foi realizada no dia 18 de março de 2012, conforme a tabela 1.

Tabela 1. Cronograma de incubação ruminal.

| Tempo de incubação | Incubação | | Retirada | |
|--------------------|-----------|------|----------|-------|
| | Dia | Hora | Dia | Hora |
| 03 horas | Dia 01 | 8:00 | Dia 01 | 11:00 |
| 06 horas | Dia 01 | 8:00 | Dia 01 | 14:00 |
| 12 horas | Dia 01 | 8:00 | Dia 01 | 20:00 |
| 24 horas | Dia 01 | 8:00 | Dia 02 | 08:00 |
| 48 horas | Dia 01 | 8:00 | Dia 03 | 08:00 |
| 72 horas | Dia 01 | 8:00 | Dia 04 | 08:00 |
| 96 horas | Dia 01 | 8:00 | Dia 05 | 08:00 |

Para a incubação ruminal foram utilizados sacos de náilon com 46µm de abertura dos poros, com cerca de 20mg de amostra por cm² (Nocek, 1988). Os sacos foram secos em estufa a 65°C por 24 horas e pesados. Posteriormente, foram colocadas 5g de amostra previamente moídas a 5 mm. Em seguida, os sacos eram fechados com borracha elástica, presos a um aro de metal que era preso a uma presilha que mantinha os sacos presos a uma corrente que continha um cilindro de ferro na ponta servindo de âncora.

Antes da incubação que era realizada as 8h, todos os sacos foram colocados em um balde com água a temperatura ambiente por 30 minutos. Aqueles sacos referentes ao tempo zero, os quais foram utilizados para o cálculo da estimativa da fração solúvel mais as partículas com tamanho reduzido que atravessaram os poros dos sacos de náilon, foram retirados do balde e congelados em freezer a -10°C. Os demais foram colocados no rúmen e retirados à 3, 6, 12, 24, 48, 72 e 96 horas após incubação, sendo então congelados. Foram colocados 2 sacos para os tempos de incubação de 3 e 6 horas, e para os demais tempos foram utilizados 3 sacos por período de incubação. Todos os tratamentos eram incubados e retirados em cada animal de forma conjunta em cada tempo. Uma vez retirados do rúmen, os sacos foram mergulhados em água fria por cinco minutos para cessar o crescimento e a fermentação microbiana. A lavagem dos mesmos foi em água corrente até que a água da lavagem saísse translúcida. Após a lavagem os sacos foram armazenados em bandejas e colocados em um freezer (-10°C) até serem processados. Após o período experimental, o material foi levado para as dependências do laboratório de nutrição animal da Embrapa Gado de Leite (CNPGL).

Após a chegada no laboratório, os sacos foram descongelados e secos em estufa de ventilação forçada a 55°C por 72 horas, pesados, e o material de um mesmo animal, tratamento e período de incubação foram transformados em um “pool” homogêneo, para posterior moagem a 1mm e análise quanto aos teores de matéria seca (MS) em estufa a 105°C (AOAC, 1980); proteína bruta (PB) e conteúdo de nitrogênio (N) pelo método de Kjeldahl (AOAC International, 1995); fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), hemiceluloses, celulose e lignina pelo método sequencial de Van Soest *et al.* (1991).

A determinação da degradabilidade da MS e matéria orgânica (MO) foi feita utilizando-se o modelo proposto por Orskov e McDonald (1979), utilizando-se os procedimentos de Marquardt com auxílio do programa SAEG 9.0, de acordo com a seguinte equação:

$$DP = a + b * [1 - \exp^{-ct}], t > \text{lag}$$

Em que,

a é a fração imediatamente solúvel;

b é a fração potencialmente degradável sob ação da microbiota,;

c é a taxa constante de degradação do material potencialmente degradável por ação da microbiota (b);

t é o tempo de incubação no rúmen;

As degradabilidades efetivas (DE) foram calculadas segundo o modelo proposto por Orskov e McDonald (1979):

$$DE = S + [(b*c)/(c+k)]$$

em que:

S é a percentagem solúvel em água do material obtido pela lavagem dos sacos;

K é a taxa fracional de passagem, sendo aqui considerada de 0,02 e 0,05;

b e c são os mesmos parâmetros da equação anterior.

O tempo de colonização das partículas no rúmen (lag) foi calculado pela equação proposta por McDonald (1981):

$$\text{Lag} = (1/c)*\ln(b/a + b - a)$$

a, b e c são os mesmos parâmetros das equações anteriores.

Já o potencial máximo de degradação (A) foi determinado por a + b.

Para a análise dos dados de desaparecimento dos componentes nutricionais das forrageiras foi empregado um delineamento experimental de blocos ao acaso em esquema de parcelas subdivididas, tendo os animais como blocos, as forrageiras como parcelas e os tempos de incubação como subparcelas.

6.4 RESULTADO E DISCUSSÃO

6.4.1 Degradabilidade “in situ” da matéria seca

Os valores de a (fração rapidamente degradável sob a ação da microbiota) variaram de 27,0 a 40,0% (tabela 2). Já a fração b (potencialmente degradável) variou de 55,87 a 60,00%. A taxa constante de degradação por hora (c) variou de 0,97 a 1,52 %/h. Para as silagens dos híbridos BRS 1035 e BRS 1001, o menor valor observado para o parâmetro c foi para as silagens colhidas no ponto farináceo-duro. Já para as silagens do híbrido BRS 1031 o menor valor de c observado foi para o corte farináceo.

Jobim et al. (2011) observou valores de a e b para silagem de milho de 28,82 e 58,67%, respectivamente, valores semelhantes aos observados no presente estudo. Para c, foi observado 2,37%/h, acima do encontrado no presente estudo. Di Marco et al. (2005), avaliando silagens de milho colhidas em dois pontos de maturidade (grão leitoso e metade da linha do leite), observaram os valores de a de 32,1 e 32,5%, valores de b de 43,4 e 40,9%, e de c de 3,69 e 5,20, para os estádios leitoso e metade da linha do leite, respectivamente. Os valores de a foram semelhantes aos do presente experimento. Porém, para c foram superiores.

Tabela 2. Parâmetros de degradabilidade ruminal e degradabilidade efetiva (DE) da matéria seca das silagens de três híbridos de milho colhidos em três idades.

| Híbridos | Corte | Parâmetros | | | | | |
|----------|----------------|------------|-------|---------|--------|----------------|-----------|
| | | a (%) | b (%) | c (%/h) | DP (%) | R ² | DE 0,02/h |
| BRS 1035 | Pastoso | 28,49 | 60,00 | 1,47 | 88,50 | 0,93 | 53,93 |
| | Farináceo | 30,63 | 55,87 | 1,52 | 86,51 | 0,93 | 54,82 |
| | Farináceo-duro | 32,89 | 60,00 | 1,09 | 92,90 | 0,92 | 54,11 |
| BRS 1031 | Pastoso | 31,70 | 60,00 | 1,28 | 91,71 | 0,97 | 55,16 |
| | Farináceo | 37,93 | 60,00 | 1,04 | 97,93 | 0,94 | 58,56 |
| | Farináceo-duro | 27,00 | 60,00 | 1,39 | 87,00 | 0,94 | 51,69 |
| BRS 1001 | Pastoso | 31,75 | 60,00 | 1,46 | 91,75 | 0,98 | 57,16 |
| | Farináceo | 35,19 | 60,00 | 1,20 | 95,19 | 0,96 | 57,80 |
| | Farináceo-duro | 40,00 | 60,00 | 0,97 | 100,00 | 0,93 | 59,66 |

a: fração rapidamente degradável; b: fração potencialmente degradável sob ação da microbiota, se não houvesse tempo de colonização; c: taxa constante de degradação da fração potencialmente degradável por ação da microbiota; DP: degradabilidade potencial; R²: coeficiente de determinação; DE: degradabilidades efetivas calculadas, considerando-se taxa de passagem no rúmen (k1) de 2 %/h.

Para as silagens do híbrido BRS 1035 e BRS 1001, as maiores degradabilidades potenciais (DP) obtidas foram para as silagens colhidas no estágio farináceo-duro. Já para as silagens do híbrido BRS 1031, o maior valor da DP foi na silagem obtida no ponto farináceo.

Os valores de R² variaram de 0,92 a 0,98 e indicam que os resultados se ajustaram bem ao modelo de Orskov e McDonald (1979).

Os valores de lag time (tempo de colonização) não foram descritos pois os resultados encontrados apresentaram valor negativo, não tendo assim valor biológico.

Para a degradabilidade efetiva calculada à 2 %/h, os valores oscilaram de 51,69 a 59,66%. Os resultados obtidos para as DE no presente experimento, foram semelhantes aos encontrados no experimento III no capítulo 5, em que se utilizou a técnica semi-automática de produção de gases. Para as silagens dos híbridos BRS 1035 houve pequena variação na degradabilidade efetiva em relação às silagens colhidas nos

diferentes estádios de maturidade, assim como ocorreu na PCG e DMS no experimento III no capítulo 5.

Já para as silagens do BRS 1031, as silagens colhidas no estágio farináceo apresentaram maior degradabilidade efetiva. No experimento III do capítulo 5, as silagens do híbrido BRS 1031 apresentaram menor PCG, menor DE, e menor degradabilidade da matéria seca nos tempos de fermentação de 12, 24, 48 e 96 horas, em relação as silagens obtidas nos estádios pastoso e farináceo-duro. Da mesma forma, no presente experimento, as silagens obtidas no estágio farináceo-duro apresentaram menor DE, indicando que com o avançar da idade da planta, houve redução da degradabilidade do amido principalmente, já que no experimento I do no capítulo 3 não houve diferença na DFDN (tabela 6) entre as silagens colhidas nas diferentes épocas.

Para as silagens do híbrido BRS 1001, as silagens colhidas no ponto farináceo-duro apresentaram maior DE. Esses resultados também são condizentes com o experimento III do capítulo 5, onde foi observado para as silagens colhidas no ponto farináceo-duro maior PCG, maior DMS no tempo de fermentação de 24 horas. Porém, no experimento III do capítulo 5 não foi observada a maior DE. Assim, o maior valor da DE observada no presente experimento para a silagem colhida no estágio farináceo-duro, pode ser devida ao maior acúmulo de amido com o avançar da maturidade, sendo que para a silagem do híbrido BRS 1001 o efeito do aumento da vitreosidade dos grãos com o avançar da maturidade fisiológica da planta pode não ter sido tão significativo quanto para as silagens do híbrido BRS 1031.

Pôssas (2007) avaliando as silagens de quatro híbridos de milho com diferentes graus de vitreosidade, observou valores para o potencial máximo de degradação de 71,56 a 77,88%, valores de b variando de 39,55 a 44,29%, sendo esses valores inferiores aos do presente estudo. A taxa c observada por Pôssas (2007) foi de 3,1 a 4,7%/h, valores acima dos observados no presente estudo. A DE nas taxas de passagem 0,02 e 0,05% variaram de 56,55 a 62,37%, e 46,68 a 53,47%, respectivamente.

Di Marco et al. (2005) encontraram valores de degradabilidade efetiva (0,04/h) de 51,5 e 54,3%, sendo esses valores próximos a DE observada neste experimento.

Os valores de DE 0,02%/h observados no presente experimento foram próximos aos valores encontrados para digestibilidade aparente da matéria seca observada no experimento I do capítulo 3 (tabela 3).

6.4.2 Degradabilidade “in situ” da matéria orgânica

Os dados relativos à degradabilidade ruminal da matéria orgânica apresentaram o mesmo comportamento que a degradabilidade da matéria seca (tabela 3).

Os valores relativos a fração rapidamente degradável (a) variaram de 25,74 a 40,0%, para a fração potencialmente degradável (b) de 56,18 a 60,0, e de c (taxa constante de degradação) de 10,05 a 1,55%/h. A degradabilidade potencial variou de 85,75 a 91,89%.

Os valores de DE na taxa de degradação de 0,02/h variaram de 51,09 a 59,44%. Os valores de R^2 variaram de 0,92 a 0,98, mostrando que os desaparecimentos da matéria orgânica se adequaram ao modelo utilizado.

Tabela 3. Parâmetros de degradabilidade ruminal e degradabilidade efetiva da matéria orgânica das silagens de três híbridos de milho colhidos em três idades.

| Híbridos | Corte | Parâmetros | | | | | |
|----------|----------------|------------|-------|---------|--------|-------|-----------|
| | | a (%) | b (%) | c (%/h) | DP (%) | R^2 | DE 0,02/h |
| BRS 1035 | Pastoso | 26,78 | 60,00 | 1,55 | 86,78 | 0,93 | 53,05 |
| | Farináceo | 29,21 | 57,10 | 1,54 | 86,32 | 0,93 | 54,07 |
| | Farináceo-duro | 31,88 | 60,00 | 1,12 | 91,89 | 0,92 | 53,44 |
| BRS 1031 | Pastoso | 29,78 | 60,00 | 1,36 | 89,79 | 0,97 | 54,11 |
| | Farináceo | 36,60 | 60,00 | 1,09 | 96,61 | 0,95 | 57,88 |
| | Farináceo-duro | 25,74 | 60,00 | 1,46 | 85,75 | 0,94 | 51,09 |
| BRS 1001 | Pastoso | 30,42 | 60,00 | 1,52 | 90,42 | 0,98 | 56,40 |
| | Farináceo | 33,86 | 60,00 | 1,26 | 93,86 | 0,96 | 57,14 |
| | Farináceo-duro | 40,00 | 56,18 | 1,05 | 96,18 | 0,92 | 59,44 |

a: fração rapidamente degradável; b: fração potencialmente degradável sob ação da microbiota, se não houvesse tempo de colonização; c: taxa constante de degradação da fração potencialmente degradável por ação da microbiota; S: fração solúvel; R^2 : coeficiente de determinação; DE: degradabilidade efetiva calculada considerando-se taxa de passagem no rúmen (k_1) de 2 %/h.

6.5 CONCLUSÃO

De acordo com os resultados da degradabilidade *in situ* da matéria seca, a silagem do híbrido BRS 1035 apresentou melhor valor nutricional no estágio farináceo-duro. Já a silagem do híbrido BRS 1031 apresentou melhor valor nutricional quando colhida no estágio farináceo, enquanto a silagem do híbrido BRS 1001 apresentou a maior degradabilidade no ponto farináceo-duro.

6.6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

ASSOCIATION OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. Official methods of analysis. 13ed. Washington - D.C.: AOAC, 1980, p.1015.

DI MARCO, O. N.; AELLO, M. S.; ARIA, S. Digestibility and ruminal digestion kinetics of corn silage. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.* v.57, n.2, p. 223-228. 2005.

JOBIM, C.C.; FERREIRA, G. A.; JUNIOR, V. H. B.; et al. Cinética de degradação ruminal dos fenos de alfafa e Tifton-85 e da silagem de milho. *Ciências Agrária, Londrina.* v. 32, n.2, p. 747-758. 2011.

McDONALD, I.M. A revised model for the estimation of protein degradability in rumen. *Journal of Agricultural Science.* v. 96, p. 251-252, 1981.

NOCEK, J.E. In situ and other methods to estimate ruminal protein and energy digestibility: a review. *Journal Dairy Science,* v.71, n.8, p. 2051-2069, 1988.

ORSKOV, E.R.; McDONALD, I.M. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. *Journal of Agricultural Science,* v.92, p. 499-503, 1979.

PÔSSAS, F. P. *Avaliação da degradabilidade ruminal in situ das silagens de milho (Zea mays, L.) com diferentes graus de vitreosidade e com perfil de aminoácidos modificado.* 2007. 41p. *Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.*

VAN SOEST, P. J., ROBERTSON, J. B., LEWIS, B. A. Methods for dietary fiber and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.,* v.74, n.9, p.3583-3597, 1991

CAPÍTULO 7 – CONSIDERAÇÕES FINAIS E IMPLICAÇÕES

Em geral, todos os materiais avaliados apresentaram baixo consumo de matéria seca, baixo aporte de proteína, baixa proporção de grãos, resultando assim em baixo consumo de energia líquida. A produção de metano e as perdas energéticas não foram influenciadas pelo avanço da maturidade da planta de milho. De acordo com os resultados obtidos nos diversos experimentos, para o híbrido BRS 1035, o estágio de maturidade recomendado para produção de silagem é farináceo-duro, já para o BRS 1031 seria o estágio farináceo, enquanto para o BRS 1001 o estágio pastoso.

Porém, a diferença no valor nutricional obtida para as silagens dos três híbridos colhidas nos diferentes pontos foi pequena, sendo que essa pequena variação na composição ocorreu devido ao intervalo de tempo curto entre os cortes. Assim, poderiam ser feitos novos estudos com intervalos maiores entre os cortes, ou então avaliando-se mais estádios de maturidade da planta para que se possa obter o ponto ideal de corte para os diferentes híbridos.