

**FREDERICO OSÓRIO VELASCO**

**Valor nutricional da Brachiaria decumbens em três idades**

**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**

V433v Velasco, Frederico Osório, 1984 –  
Valor nutricional da Brachiaria decumbens em três idades / Frederico Osório  
Velasco. – 2011.  
106 0.: il.  
Orientador: Lúcio Carlos Gonçalves  
Tese (doutorado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Veterinária  
Inclui bibliografia

1. Ovino – Alimentação e rações – Teses. 2. Capim-braquiária – Teses. 3. Valor  
nutricional – Teses. 4. Nutrição animal – Teses. I. Gonçalves, Lucio Carlos.  
II. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Veterinária. III. Título

CDD – 636.308 5

Tese defendida e aprovada em 07 de dezembro de 2011 pela comissão examinadora constituída por:

---

Prof. Lúcio Carlos Gonçalves  
(Orientador)

---

Prof. Diogo Gonzaga Jayme

---

Dr. Thierry Ribeiro Tomich

---

Dr. Cristiano Gonzaga Jayme

---

Dr. Luiz Gustavo Ribeiro Pereira

Belo Horizonte, 07 de dezembro de 2011



## **MENSAGEM**

“Se A é o sucesso, então A é igual a X mais Y mais Z.  
O trabalho é X; Y é o lazer; e Z é manter a boca fechada”.

Albert Einstein



## **DEDICATÓRIA**

Dedico este trabalho a minha avó, Maria, pelo exemplo de luta e garra.  
Muito obrigado.



## AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Francisco e Marisa, por todo apoio dado, principalmente nos momentos mais difíceis.

Aos meus avós, por todo carinho e dedicação.

Ao Professor Lúcio Carlos Gonçalves, pela orientação, amizade e confiança em meu trabalho.

Aos Professores do departamento de Zootecnia da EV-UFMG, em especial à Eloisa Oliveira Simões Saliba, Diogo Gonzaga Jayme, Norberto Mario Rodriguez, Ronaldo Braga Reis, Sandra Gesteira e Iran Borges pelos ensinamentos durante o curso.

À Mariana e toda sua família que sempre estiveram presentes, chamando a minha atenção quando era preciso.

Ao Dr. Thierry Ribeiro Tomich e ao Dr. Luiz Gustavo Ribeiro Pereira

Aos meus irmãos de orientação Alex, Gabriel e Matheus pelo companheirismo durante todo o momento.

Aos amigos do grupo: Dr Wilson, Wellington, Otaviano, Ipatinga, Fernando, Flavinha, Fernandinha, Isabela, Gustavo, Merith, Marcela, André, Pedro, Diego, Saiote, Carlos e tantos outros que me acompanharam durante o curso.

Ao meu padrinho, sempre me apoiando e motivando.

Aos meus amigos: Débora, Nara, Alexandre, Carlos Pancoti, André, André Cayo, Guilhermão, Vivian, Rocha, Sofia, Renato, Marcus, Elisa, Fernandinho, Luige, Fernandão, Paolo e todos outros que não foram mencionados.

Aos membros do colegiado de Pós-Graduação, principalmente a Eloisa por toda presteza.

Aos amigos da copiadora, por toda a simpatia e disponibilidade.

Ao Toninho, Carlos, Kelly, Marcos, Seu Nilson e Roberto por contribuírem para a realização deste trabalho.

À FAPEMIG e ao CNPq pelos recursos financeiros concedidos para realização deste trabalho.

A todos que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.



<b>SUMARIO</b>	
RESUMO	21
ABSTRACT	22
<b>CAPÍTULO I - INTRODUÇÃO</b>	
	23
<b>CAPÍTULO II - REVISÃO DE LITERATURA</b>	
	25
2.1. O capim <i>Brachiaria decumbens</i>	25
2.2 Composição bromatológica e digestibilidade “in vitro” do capim <i>Brachiaria decumbens</i>	26
2.3 Desempenho animal	28
2.4 Calorimetria	29
2.5 Produção de metano entérico por ruminantes	32
2.6 Técnicas in vitro para avaliação nutricional de forrageiras	34
2.7 Técnicas de degradabilidade “in situ” para avaliação de forrageiras	37
2.8 Microscopia eletrônica de varredura	39
2.9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	41
<b>CAPÍTULO 3 - EXPERIMENTO I</b>	
	51
PARTIÇÃO DA ENERGIA E PRODUÇÃO DE METANO ENTÉRICO EM OVINOS ALIMENTADOS COM CAPIM BRACHIARIA DECUMBENS VERDE CORTADO EM TRÊS DIFERENTES IDADES	
	51
3.1 INTRODUÇÃO	51
3.2 MATERIAL E MÉTODOS	52
3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	55
3.3.1 Composição química do capim <i>Brachiaria decumbens</i>	55
3.3.2 Consumo de energia	58
3.3.3 Perdas de energia	60
3.3.4 Eficiência de utilização da energia	62
3.3.5 Teores de energia	63
3.3.6 Respirometria	65
3.4 CONCLUSÕES	67
3.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	68
<b>CAPÍTULO 4 – EXPERIMENTO II</b>	
AVALIAÇÃO DA CINÉTICA DE FERMENTAÇÃO RUMINAL DO CAPIM <i>Brachiaria decumbens</i> VERDE EM TRÊS DIFERENTES IDADES ATRAVÉS DA TÉCNICA “IN VITRO” SEMI-AUTOMÁTICA DE PRODUÇÃO DE GASES	
	73
4. 1 INTRODUÇÃO	73
4.2 MATERIAL E MÉTODOS	73
4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	76
4.4 CONCLUSÕES	82
4.5 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	82



## CAPÍTULO 5 - EXPERIMENTO III

DEGRADABILIDADE “IN SITU” DOS COMPONENTES NUTRICIONAIS E MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA DO RESÍDUO DA DEGRADAÇÃO RUMINAL DO CAPIM <i>Brachiaria decumbens</i> VERDE EM TRÊS DIFERENTES IDADES	85
5.1 INTRODUÇÃO	85
5.2 MATERIAL E MÉTODOS	86
5.3 RESULTADO E DISCUSSÃO	89
5.3.1 Degradabilidade “in situ” do capim <i>Brachiaria decumbens</i>	89
5.3.1 Microscopia eletrônica de varredura dos resíduos do experimento de degradabilidade “in situ” do capim <i>Brachiaria decumbens</i> .	99
5.4 CONCLUSÕES	103
5.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	103
<b>CAPÍTULO 6 – CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	<b>106</b>

---

### LISTA DE TABELAS

---

#### CAPÍTULO III

Tabela 2. Valores de matéria seca (MS), cinzas, proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), hemiceluloses (HEM), celulose (CEL), lignina (Lig) e extrato etéreo (EE) em porcentagem da MS, compostos nitrogenados insolúveis em detergente neutro (NIDN/N) e compostos nitrogenados insolúveis em detergente ácido (NIDA/N) em porcentagem sobre o teor de nitrogênio total, digestibilidade “in vitro” da matéria seca (DIVMS) (%), e valores de energia bruta (Mcal/kg) da <i>Brachiaria decumbens</i> verde cortada aos 56, 84 e 112 dias	56
Tabela 3. Valores médios de consumo de matéria seca (CMS) gramas/kg <sup>0,75</sup> , consumo de energia bruta (CEB), consumo de energia digestível (CED), consumo de energia metabolizável (CEM) e consumo de energia líquida (CEL) em Kcal/kg <sup>0,75</sup> do capim <i>Brachiaria decumbens</i> verde cortado aos 56, 84 e 112 dias de crescimento.	59
Tabela 4. Valores médios de perda diária de energia nas fezes, na urina, no metano e na forma de incremento calórico, em Kcal por kg de unidade de tamanho metabólico (Kcal/UTM) e como porcentagem da energia bruta ingerida (%EB) do capim <i>Brachiaria decumbens</i> verde em três diferentes idades (56, 84 e 112 dias)	61



Tabela 5. Valores médios de digestibilidade aparente da energia bruta em porcentagem (DAEB), em porcentagem, metabolizabilidade (qm), eficiência de uso da energia metabolizável para manutenção (Km) e razão entre energia líquida e energia bruta, em porcentagem, do capim Brachiaria decumbens verde cortado aos 56, 84 e 112 dias de crescimento. 63

Tabela 6. 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) do capim Brachiaria decumbens verde em três diferentes idades (56, 84 e 112 dias) 65

Tabela 7. Consumo diário de oxigênio (O<sub>2</sub>), produção diária de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) e de metano (CH<sub>4</sub>), em litros por Kg de unidade de tamanho metabólico (L/UTM), produção diária de calor (PC) em Kcal por Kg de unidade de tamanho metabólico (Kcal/UTM) e quociente respiratório (CR) de ovinos alimentados com capim Brachiaria decumbens verde cortada aos 56, 84 e 112 dias de crescimento 67

Tabela 8. Valores médios de produção de metano por ovinos alimentados com capim Brachiaria decumbens verde cortada aos 56, 84 e 112 dias de crescimento, em litros por dia (L/d), em gramas por dia (g/d) e em gramas por Kg de matéria seca ingerida (g/Kg de MS) 67

#### CAPÍTULO IV

TABELA 1 – Análise de variância para o delineamento de blocos ao acaso com parcelas subdivididas. 75

Tabela 2. Produção acumulativa de gases (ml/g de MS) pela técnica “in vitro” semi-automática do capim Brachiaria decumbens verde cortado aos 56, 84 e 112 dias de crescimento. 78

Tabela 3. Degradabilidade da matéria seca, em porcentagem, após 6, 12, 24, 48 e 96 horas de fermentação do capim Brachiaria decumbens verde cortado aos 56, 84 e 112 dias de crescimento. 80

Tabela 4. Potencial máximo de produção de gases (A) em ml/g de MS, tempo de colonização em horas (L) e minutos, taxa de produção de gases ( $\mu$ ) em ml/g de MS/h e degradabilidade efetiva da MS (DE) em % da MS para as taxas de passagem 2,0% e 5,0% do capim Brachiaria decumbens cortado aos 56, 84 e 112 dias de crescimento. 81



Tabela 5. Equações geradas pelas análises de regressão ao modelo de France et al., (1993) dos dados de produção acumulada de gases do capim <i>Brachiaria decumbens</i> verde cortado aos 56, 84 e 112 dias de crescimento.	82
---	----

## **CAPÍTULO V**

TABELA 1. Análise de variância para o delineamento de blocos ao acaso com parcelas subdivididas.	89
--	----

Tabela 2. Desaparecimento ruminal (%) da matéria seca do capim <i>Brachiaria decumbens</i> verde cortado aos 56, 84 e 112 dias de crescimento	90
---	----

Tabela 3. Parâmetros de degradabilidade ruminal e degradabilidade efetiva da matéria seca do capim <i>Brachiaria decumbens</i> verde cortado aos 56, 84 e 112 dias de crescimento	91
---	----

Tabela 4. Equações geradas pelas análises de regressão ao modelo de Orskov e McDonald (1979) modificado por Sampaio et al., (1995) dos dados de degradação ruminal da matéria seca do capim <i>Brachiaria decumbens</i> cortado aos 56, 84 e 112 dias de crescimento	92
--	----

Tabela 5. Desaparecimento ruminal (%) da proteína bruta do capim <i>Brachiaria decumbens</i> verde cortado aos 56, 84 e 112 dias de crescimento	93
---	----

Tabela 6. Parâmetros de degradabilidade ruminal e degradabilidade efetiva da proteína bruta do capim <i>Brachiaria decumbens</i> verde cortado aos 56, 84 e 112 dias de crescimento	94
---	----

Tabela 7. Equações geradas pelas análises de regressão ao modelo de Orskov e McDonald (1979) modificado por Sampaio et al., (1995) dos dados de degradação ruminal da proteína bruta do capim <i>Brachiaria decumbens</i> verde em três idades de corte (56, 84 e 112 dias)	94
---	----

Tabela 8. Desaparecimento ruminal (%) da fibra em detergente neutro do capim <i>Brachiaria decumbens</i> verde cortado aos 56, 84 e 112 dias de crescimento.	95
--	----

Tabela 9. Parâmetros de degradabilidade ruminal e degradabilidade efetiva da fibra em detergente neutro do capim <i>Brachiaria decumbens</i> verde cortado aos 56, 84 e 112 dias de crescimento	96
---	----

Tabela 10. Equações geradas pelas análises de regressão ao modelo de Orskov e McDonald (1979) modificado por Sampaio et al., (1995) dos dados de degradação ruminal da fibra em detergente neutro do capim <i>Brachiaria decumbens</i> verde cortado aos 56, 84 e 112 dias de crescimento	97
---	----



Tabela 11. Desaparecimento ruminal (%) da fibra em detergente ácido do capim <i>Brachiaria decumbens</i> verde cortado aos 56, 84 e 112 dias de crescimento	97
Tabela 12. Parâmetros de degradabilidade ruminal e degradabilidade efetiva da fibra em detergente ácido do capim <i>Brachiaria decumbens</i> verde cortado aos 56, 84 e 112 dias de crescimento	98
Tabela 13. Equações geradas pelas análises de regressão ao modelo de Orskov e McDonald (1979) modificado por Sampaio et al., (1995) dos dados de degradação ruminal da fibra em detergente ácido do capim <i>Brachiaria decumbens</i> verde cortado aos 56, 84 e 112 dias de crescimento	98

---



---

## LISTA DE FIGURAS

---

### Capítulo IV

Gráfico 1. Produção estacionária de gases em ml do capim <i>Brachiaria decumbens</i> verde em três diferentes idades (56, 84 e 112 dias)	77
Gráfico 2. Produção acumulativa de gases pelo do capim <i>Brachiaria decumbens</i> verde em três idades de corte (56, 84 e 112 dias)	79

### Capítulo V

Figura 1. Microscopia eletrônica de varredura da superfície do material original do capim <i>Brachiaria decumbens</i> verde cortado em três idades de corte. (PP = Parede primária; PS = Parede secundária).	99
Figura 2. Microscopia eletrônica de varredura da superfície do resíduo de três horas de incubação ruminal do capim <i>Brachiaria decumbens</i> verde cortado em três idades de corte.	100
Figura 3. Microscopia eletrônica de varredura da superfície do resíduo de seis horas de incubação ruminal do capim <i>Brachiaria decumbens</i> verde cortado em três idades de corte.	101
Figura 4. Microscopia eletrônica de varredura da superfície do resíduo de 12 horas de incubação ruminal do capim <i>Brachiaria decumbens</i> verde cortado em três idades de corte.	101
Figura 5. Microscopia eletrônica de varredura da superfície do resíduo de 24 horas de incubação ruminal do capim <i>Brachiaria decumbens</i> verde cortado em três idades de corte.	102
Figura 6. Microscopia eletrônica de varredura da superfície do resíduo de 48 horas de incubação ruminal do capim <i>Brachiaria decumbens</i> verde cortado em três idades de corte.	103
Figura 7. Microscopia eletrônica de varredura da superfície do resíduo de 96 horas de incubação ruminal do capim <i>Brachiaria decumbens</i> verde cortado em três idades de corte.	103

---



## RESUMO

Objetivou-se com este trabalho avaliar o valor nutritivo do capim *Brachiaria decumbens*. No primeiro experimento, avaliou-se o Capim *Brachiaria decumbens* verde cortado aos 56, 84 e 112 dias de crescimento quanto à partição da energia e a produção de metano entérico em ovinos. Observou-se não haver diferença quanto ao consumo de matéria seca, consumo de energia bruta e consumo de energia líquida ( $P>0,05$ ) em ovinos. Houve redução do consumo da energia digestível e metabolizável em ovinos com o aumento da idade da planta ( $P<0,05$ ). Houve uma maior perda de energia bruta nas fezes em ovinos alimentados com a forrageira cortada aos 112 dias se comparada à planta cortada aos 56 dias ( $P<0,05$ ). Maiores perdas de energia na forma de urina e metano foram observados em carneiros recebendo capim *Brachiaria decumbens* cortado aos 56 dias se comparado aos demais tratamentos ( $P<0,05$ ). Não houve diferença estatística para perda de energia na forma de incremento calórico em ovinos alimentados com as plantas cortadas nas idades avaliadas. Não houve diferença ( $P>0,05$ ) para os valores de eficiência de utilização da energia para ovinos alimentados com capim *Brachiaria decumbens*. Os teores médios de energia líquida do capim *Brachiaria decumbens* não variou dentro das idades de corte estudadas ( $P>0,05$ ) apresentando valor médio de 1,74 Mcal/kg de MS. Ovinos alimentados com capim *B. decumbens* cortado aos 56 dias apresentaram maiores valores de produção de metano ( $P<0,05$ ) se comparado aos outros tratamentos. Não houve diferença para os animais para consumo de  $O_2$  e produção de  $CO_2$  e calor entre os tratamentos avaliados ( $P>0,05$ ). Houve efeito negativo do estágio de maturação da planta sobre a cinética de fermentação ruminal avaliado através da técnica “in vitro” semi-automática de produção de gases e sobre a degradabilidade dos diferentes componentes nutricionais da forrageira avaliada, segundo e terceiro experimentos respectivamente. O capim cortado aos 56 dias apresentou maior valor de produção cumulativa de gases ( $P<0,05$ ) e de degradabilidade da matéria seca ( $P>0,05$ ) se comparado às plantas cortadas aos 84 e 112 dias de crescimento, que por sua vez não apresentaram diferença estatística para os mesmos parâmetros ( $P>0,05$ ). Houve redução do potencial máximo de produção de gases, da taxa de produção de gases e da degradabilidade efetiva da matéria seca com taxa de passagem de 2,0% e 5,0%/h com o avanço do estágio de maturação do capim *B. decumbens*. O capim *B. decumbens* verde cortado aos 56 dias de crescimento apresentou os maiores valores de degradabilidade ruminal da matéria seca, da proteína bruta, da fibra em detergente neutro e da fibra em detergente ácido ( $P<0,05$ ) quando comparada às forrageiras cortadas aos 84 e 112 dias de crescimento. Portanto, o capim *Brachiaria decumbens* cortado aos 56 dias de crescimento apresenta melhor valor nutritivo se comparado às plantas cortadas aos 84 e 112 dias.

**Palavras-chave:** calorimetria indireta, degradabilidade in situ, forragem verde, energia líquida, produção de gases, valor nutritivo

## ABSTRACT

The aim of this work was to evaluate the nutritional value of *Brachiaria decumbens* grass. In the first experiment, we evaluated energy partition and enteric methane production in sheep fed *Brachiaria decumbens* grass harvested at 56, 84 and 112 days of re-growth. There was no difference between the treatments in the dry matter, gross energy and net energy intakes ( $P > 0.05$ ) of the sheep. Increasing the plant age was observed a reduction in of digestible and metabolizable energy intakes of the sheep ( $P < 0.05$ ). There was a greater loss of gross energy in the faeces of sheep fed forage cut at 112 days of re-growth compared to the plant cut at 56 days ( $P < 0.05$ ). Greater energy losses in the form of urine and methane were observed in sheep receiving *Brachiaria decumbens* grass harvested with 56 days of re-growth compared to other treatments ( $P < 0.05$ ). There was no statistical difference for energy loss in the form of caloric increment of the sheep for the different treatments evaluated. There was no difference ( $P > 0.05$ ) between the treatments for the energy use efficiency of sheep. There were no difference between the re-growth ages studied for net energy of *Brachiaria decumbens* grass ( $P > 0.05$ ) and the mean value was 1.74 Mcal/kg DM. Sheep fed with *B. decumbens* grass harvested at 56 days of re-growth showed higher methane production ( $P < 0.05$ ) compared to the other treatments. There were no difference between the treatments evaluated ( $P > 0.05$ ) for the animals  $O_2$  consumption and  $CO_2$  and heat production. It was observed a negative effect of the plant maturity on the ruminal fermentation kinetics measured by the semi-automated "in vitro" gas production technique and the degradability of the different nutritional components of the forage evaluated, the second and third experiments respectively. The grass cut with 56 days of re-growth showed higher cumulative gas production ( $P < 0.05$ ) and dry matter degradability ( $P > 0.05$ ) compared to plant cut with 84 and 112 days of re-growth which did not show statistical difference ( $P > 0.05$ ). With the advance of the *B. decumbens* grass maturity was observed a reduction in the maximum gas production potential, gas production rate and effective degradability of the dry matter with passage rates of 2.0% and 5.0%/h. The *B. decumbens* grass harvested at 56 days of re-growth showed highest dry matter, crude protein, neutral detergent fiber and acid detergent fiber degradability ( $P < 0.05$ ) when compared to the forage cut at 84 and 112 days of re-growth. Therefore, *Brachiaria decumbens* grass harvested at 56 days of re-growth has higher nutritional value compared to the grass cut at 84 and 112 days of re-growth.

Keywords: calorimetry, in situ, green fodder, net energy, gas production, nutritional value

## CAPÍTULO I – INTRODUÇÃO GERAL

O sistema de produção de ruminantes no Brasil é baseado principalmente na utilização de pastagens como a principal fonte de alimento para os rebanhos. Segundo o último censo agropecuário realizado (IBGE, 2006) as áreas de pastagens no país ocupam cerca de 170 milhões de hectares, e vem apresentando uma tendência de redução nos últimos anos. Essa redução é resultado, principalmente, do aumento progressivo das terras de cultura, com foco principal para produção de grãos ou de oleaginosas para a produção de biodiesel. Porém há um aumento das áreas de pastagens cultivadas em relação às pastagens nativas. Destas pastagens cultivadas cerca de 99 milhões de hectares, 52% do total, correspondem ao cultivo das braquiárias, entre elas a *Brachiaria decumbens*.

Oitenta e oito por cento da carne produzida no país é oriunda de rebanhos mantidos exclusivamente a pasto, e grande parte da produção de leite do Brasil se originam em sistemas de produção de pastagens. São propriedades onde mais de 85% da alimentação do rebanho provêm de pastagens naturais ou implantadas. Esses sistemas ainda são marcados por baixos índices de desempenho zootécnico devido a uma concepção equivocada dos sistemas de produção em pastagens e da intensificação do processo relativos. Assim o conhecimento das respostas das plantas às estratégias de manejo são fundamentais para a implementação de sistemas mais produtivos e sustentáveis.

O Brasil se encontra em um lugar privilegiado no mercado mundial de produtos da bovinocultura, tanto de corte como leiteira. Nos últimos 10 anos o rebanho bovino no país apresentou um crescimento de 11%, uma expansão que ocorreu principalmente nos estados do norte e nordeste, possuindo atualmente o maior rebanho comercial do planeta, com cerca de 173,2 milhões de animais no ano de 2009 (ANUALPEC, 2009). Sendo ao lado da Austrália o maior exportador mundial de carne bovina (USDA, 2011).

O mercado externo apresenta aumento da demanda de carne, cerca de 400 mil toneladas anuais, e chegará ao ano de 2017 com 10 milhões de toneladas de carne negociados. Os produtos lácteos brasileiros também apresentaram crescimento positivo na balança comercial. Nos últimos anos tem sido observada uma tendência de aumento do consumo mundial de produtos lácteos na casa de 3,5 a 4,0% ao ano. Este contexto juntamente com a queda de algumas barreiras protecionistas e uma maior demanda externa pode indicar a abertura de novos mercados para os produtos nacionais. O Brasil no ano de 2009 produziu perto de 29,11 bilhões de litros de leite sendo atualmente o sexto maior produtor mundial (FAO, 2010). Segundo o CEPEA (2011) o agronegócio foi responsável por mais de 26,48% do produto interno bruto (PIB) nacional em 2010.

No entanto os índices médios de desempenho zootécnico do rebanho nacional ainda são muito baixos, e grande parte desta ineficiência está relacionada à falta de conhecimento acerca do manejo correto dos sistemas de produção animal e da intensificação do processo produtivo, o que geralmente eleva os custos de produção.

O correto emprego das estratégias de manejo, e das respostas das plantas pode ser a chave para a implementação de sistemas de produção eficientes, economicamente sustentáveis e competitivos. Deste modo, o conhecimento dos valores de consumo e da qualidade nutricional de forrageiras importantes no cenário nacional, como a *Brachiaria*

*decumbens*, pode facilitar os ajustes das dietas dos rebanhos mantidos com estas forrageiras.

A utilização de ovinos como modelo para avaliação de alimentos para a nutrição de ruminantes é vantajosa pelo fato de ser um animal de menor porte, reduzindo a necessidade de espaço físico, utilizando-se um menor volume de alimento, produzindo uma menor quantidade de resíduos, além de ser um animal mais barato de se adquirir e de fácil manejo.

Objetivou-se com este estudo avaliar os valores de energia líquida e respirometria, degradabilidade “in situ” e a cinética de fermentação do capim *Brachiaria decumbens* verde cortado em três diferentes idades.

#### REFÊRENCIA BIBLIOGRÁFICA

CEPEA. CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA APLICADA - ESALQ/USP, *PIB do Agronegócio - Dados de 1994 a 2010*. Disponível em: [http://www.cepea.esalq.usp.br/pib/other/Pib\\_Cepea\\_1994\\_2010.xls/](http://www.cepea.esalq.usp.br/pib/other/Pib_Cepea_1994_2010.xls/)>. Acesso em: 24 de novembro de 2011

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Disponível em <<http://faostat.fao.org/>> . Acesso em: 24 de novembro de 2011

USDA. UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE, Livestock and Poultry: World Markets and Trade. October 2011.

FERRAZ, J. V. Dados preliminares do IBGE confirmam precisões do Instituto FNP. *Anualpec*. p. 16 – 21. 2008

ANUALPEC. *Anuário da Pecuária Brasileira*. Agra FNP Pesquisas, São Paulo, 2009, 360p.

## CAPÍTULO II – REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1. O capim *Brachiaria decumbens*

As *Brachiaris spp* pertencem à família *Poaceae* (CATASÚS, 1997). O gênero *Brachiaria* é atualmente conhecido taxonomicamente como gênero *Urochloa* (SILVA, 2000). Devido a tal mudança, a espécie *B. decumbens* é agora denominada *Urochloa decumbens*. Entretanto, a nomenclatura *B. decumbens* foi utilizada neste trabalho por ser a mais conhecida e por continuar sendo usada pelos pesquisadores da área.

Desde a década de 50, as gramíneas do gênero *Brachiaria* são conhecidas no Brasil. Entretanto, apenas nas décadas de 70 e 80 a sua expansão foi de fato significativa, substituindo as gramíneas tradicionalmente cultivadas como o capim gordura e o Jaraguá, principalmente nas regiões onde há predomínio de clima quente (ZIMMER et al. 1988). Mais da metade das pastagens presentes no país hoje são baseados em braquiárias, uma área de aproximadamente 100 milhões de hectares (ANUALPEC, 2008).

Dentre as espécies do gênero que mais se difundiram nas pastagens estão a *Brachiaria decumbens*, *B. humidicola*, *B. arrecta*, *B. brizantha*, *B. ruziziensis*, *B. mutica* e o híbrido *B. arrecta* x *B. mutica* (Tangola). As plantas deste gênero se adaptam bem a várias condições de clima, mas sua expansão se deu principalmente devido a sua grande adaptabilidade aos diversos tipos de solos, com baixa e média fertilidade, presentes nas terras do Brasil, onde apresentaram boa produtividade (ZIMMER ET AL, 1988).

A *Brachiaria decumbens* é caracterizada como uma gramínea perene, estolonífera, de hábito de crescimento de semi-ereto a prostrado. Pode alcançar de 30 a 100 cm de altura. Suas raízes são fortes e duras, com presença de pequenos rizomas. Os colmos são de formato cilíndrico a ovalados, podendo ser eretos ou decumbentes de coloração verde escura, glabros ou pilosos, com a presença de seis a 18 entrenós medindo em média 20 centímetros. Os nós são verdes, glabros ou pouco pilosos. As folhas medem entre 20 a 40 centímetros de comprimento e de 10 a 20 milímetros de largura, fortemente pilosas. Suas bordas são ásperas e duras. Estas são de coloração verde escura, principalmente durante o seu primeiro ano de implantação, devido ao seu alto conteúdo de clorofila. A inflorescência é em forma de panícula racemosa, de 25 a 47 centímetros de altura. É formada de dois a cinco racimos de 4 a 10 centímetros de comprimento. As sementes são de tamanho médio, arredondadas e férteis, o que facilita a sua disseminação. É uma espécie tetraploide com 36 cromossomos (OLIVERA et al, 2006).

Originária da África equatorial, a *Brachiaria decumbens* pode se desenvolver em solos férteis, ácidos (pH aproximadamente 4,2), assim como em solos que são calcários e pedregosos com pH próximo a 8,5. Também se estabelece em clima moderadamente úmido, porém não tolera inundações prolongadas.

Ao avaliar o comportamento da *Brachiaria decumbens*, Chamorro (1998) determinou que esta gramínea alcançou uma cobertura de solo de 94% nas 13 primeiras semanas de seu estabelecimento, e 96% de cobertura à 22ª semana de estabelecimento.

Um dos indicadores mais variáveis no comportamento dos pastos é a produção de matéria seca, devido a essa característica ser afetada pelas condições de manejo a que são submetidas as plantas: utilização ou não de irrigação, níveis de adubação, intensidade de uso, corte ou pastejo, época do ano, idade do pasto, entre outros (OLIVERA et al, 2006). Devido a estes fatores, diversos estudos vêm sendo realizados através dos anos, com o objetivo de obter uma resposta aceitável para os diferentes ambientes. Segundo Goedert et al. (1988), a *B. decumbens* pode alcançar uma produtividade anual entre 5 a 12 t/ha de matéria seca. Gerardo e Oliva (1979) avaliaram 25 cultivares de gramíneas, sob irrigação e adubação, sob corte mecânico e observaram uma produção de 19,5, 19,8 e 19,1 toneladas de Matéria Seca por hectare, para *Brachiaria decumbens*, *Panicum maximum* cv. Uganda e *Panicum maximum* cv. Makueni, respectivamente. Os mesmos autores observaram que em condições de sequeiro a *B. decumbens* produziu 10,9 toneladas de MS/ha. Em trabalho realizado por Santos et al. (2004a), no município de Felixlândia (MG), observou-se uma disponibilidade de forragem durante o período seco (julho a setembro) de 8.418 kg/ha. Analisando a produção de matéria seca em piquetes de *Brachiaria decumbens*, em experimento realizado no município de Capinópolis, MG, Moraes et al. (2005), encontraram produção média de 5.560 kg de MS/ha durante o período de agosto a setembro. Savidan et al. (1985) ao estudar espécies de braquiárias como cultivo solteiro ou associado com leguminosas, notaram que a *Brachiaria decumbens* mostrou uma maior produção quando em cultura solteira (12 t MS/ha/ano), do que quando associada à leguminosas. Resultados semelhantes foram encontrados por Mosquera et al. (1992).

## **2.2 Composição bromatológica e digestibilidade “in vitro” do capim *Brachiaria decumbens***

A época de colheita da forragem, pelo corte ou pastejo, deve estar relacionada ao estágio de desenvolvimento da planta, conseqüentemente, ao seu valor nutritivo. Dentre as características anatômicas que tem impacto sobre o valor nutritivo, destacam-se a proporção de tecidos e a espessura da parede celular. 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 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 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).

Os estudos de práticas de corte, frequência e altura de corte em braquiárias têm sido mais utilizadas para avaliar a capacidade de produção de forragem e auxiliar na orientação prática de manejo sob pastejo com animais. Cortes mais frequentes, ou seja, com rebrotas mais novas tendem a ser menos produtivos, mas de melhor qualidade, Zimmer et al. (1988).

A queda do conteúdo de proteína bruta (PB) com o aumento da idade foram reportados em trabalhos realizados por Schofield (1946) quando obteve valores de 8,9%, 5,6% e 4,2% de PB para 30, 60, e 90 dias de idade de rebrote e por Hunker (1965), com valores máximos de 9,8% de PB nas folhas com 14 dias de idade do rebrote e mínimo de 3,2% com 112 dias de idade da *Brachiaria decumbens*. Trabalhando com *Brachiaria brizantha*, Costa et al. (2007) também reportaram efeito negativo da idade sobre os teores de proteína bruta da planta, que variaram de 16,0% para 8,8% entre 15 e 60 dias de idade. Garcia et al. (2004) observaram um teor médio de PB em torno de 3,5 e 5,3% entre os meses de julho a novembro em pastagens diferidas de *Brachiaria decumbens*. Johnson e Pezo (1975) reportaram para esta gramínea cortada aos 14 e 112 dias, variações de porcentagem na ordem de: 9,8% e 3,2%, 67,0% e 82,0%, 38,0% e 47,0%, 29,0% e 36,0%, 30,0% e 38,0%, 4,5% e 6,2%, 2,5% e 2,6% para proteína bruta, conteúdo de parede celular, FDA, hemiceluloses, celulose, lignina e sílica respectivamente. No mesmo trabalho, os autores obtiveram valores de digestibilidade da matéria seca *in vitro* da forrageira variando de 82%, 66%, 64% e 67% respectivamente para 14, 56, 84 e 112 dias. Também Souza Filho et al. (1992) estudando a composição química da *Brachiaria humidicola* no estado do Amapá, Brasil, observaram uma queda linear dos teores de proteína bruta da forragem com valores de 6,7%, 5,4% e 4,6% para 30, 60, e 90 dias respectivamente.

Gobbi et al (2005) avaliaram a composição química do feno de *Brachiaria decumbens* colhido no estágio de pós-florescimento e observaram valores de nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN) e em detergente ácido (NIDA), NIDN e NIDA em relação ao nitrogênio total (NIDN/NT e NIDA/NT) de 0,42%, 0,21%, 48,8% e 24,8 % em relação ao nitrogênio total respectivamente. Relataram ainda valores de DIVMS, FDN, FDA, hemiceluloses, celulose e lignina de 54,0%, 87,7%, 49,7%, 38,0%, 38,4% e 10,2% respectivamente.

Cavalcante Filho et al. (2008) estudaram as características de uma pastagem de *Brachiaria decumbens* sob pastejo contínuo, durante a seca, no município de Itambé, PE e descreveram que o pasto apresentou valores de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) de 46,9; 6,3; 78,3 e 45,1%, respectivamente. E quando avaliaram as extrusas de bovinos fistulados no esôfago presentes na pastagem apresentaram, respectivamente, teores médios de 19,4; 9,7; 75,0 e 40,4% para MS, PB, FDN e FDA. Descreveram então que os animais selecionaram uma dieta rica em folhas. Já Socorro (1994) estudando digestibilidade do

feno de *Brachiaria decumbens* apresentou valores de 4,19% e 3,88% de PB, 4,13 e 3,88 Mcal/kg de energia bruta, 23,20% e 25,74% de hemiceluloses, 30,21 e 29,08% de celulose, e 9,00 e 9,25 de lignina para a gramínea cortada com 90 e 134 dias respectivamente. No entanto Macedo (1982) em sua tese de mestrado analisou a variação da composição química do capim braquiária entre as idades de 28 e 280 dias e observou uma variação entre 8,8% e 3,6% respectivamente para proteína bruta. Orsine et al. (1989) avaliando a digestibilidade aparente do feno de *Brachiaria decumbens* após o florescimento, tratado ou não com hidróxido de cálcio, encontraram valores de 2,7%, 3,14%, 30,7% e 6,3% de proteína bruta, extrato etéreo, fibra bruta e matéria mineral.

Santos et al. (2009) estudando o valor nutritivo da forragem em pastos de *Brachiaria decumbens* cv. *Basilisk* diferidos e adubados com nitrogênio (N) observaram que os teores de proteína bruta da forragem diferida variaram de 2,86 a 5,97%, para 73 e 112 dias de diferimento, e manteve-se abaixo do limite inferior de 7%, proposto por Van Soest (1994) como necessário para manter as exigências nutricionais dos microrganismos ruminais. O percentual de fibra em detergente neutro se elevou com o aumento da idade da planta com valores entre 70,99% a 80,81%, que podem ser considerados valores elevados e tenderiam a limitar o consumo animal. Já Coser et al. (1996), observaram uma média da *digestibilidade in vitro* da Matéria Orgânica da *Brachiaria decumbens* variando de 59,8% durante o inverno e 66,0% durante o verão. Butterworth (1963) apresentou valores de 62,5 e 61,0% de digestibilidade *in vitro* da matéria seca e 46,9 e 33,5% de digestibilidade da proteína bruta no começo da floração e durante a floração plena da *B. decumbens*. Paciullo et al. (2001) Encontraram valores de PB, FDN, celulose, hemiceluloses, lignina e DIVMS de 8,6%, 76,0%, 50,3%, 22,2%, 6,0% e 58,4% respectivamente, para o capim *Brachiaria decumbens* cultivada em canteiro experimental localizado na cidade de Viçosa, Minas Gerais durante os períodos de verão e outono.

### 2.3 Desempenho animal

A *Brachiaria decumbens* caracteriza-se por proporcionar ganhos por animal não muito elevados, proporcionando, no entanto, uma capacidade de suporte relativamente alta, em relação a outras gramíneas (Zimmer et al., 1988). Whiteman et al. (1985), em Queensland, Austrália, comparando três gramíneas tropicais, em área adubada obtiveram ganhos crescentes de peso vivo por hectare, mas a *B. decumbens* cv. *Brasilisk* foi a mais produtiva na lotação de 5 novilhos/ha, enquanto o capim pangola proporcionou maiores ganhos nas lotações de 3,0 e 3,5 novilhos/ha.

Em estudo realizado no Centro Nacional de Pesquisa de Gado de Corte (CNPGC) localizado em Campo Grande, Mato Grosso do Sul, objetivou-se avaliar o desempenho de bovinos azebuados mantidos em pastagens de *Brachiaria decumbens*. A duração do experimento foi de oito anos (1977 a 1984) e foram utilizados três piquetes, com taxas de lotações de 1,5; 2,0 e 2,5 animais/ha. O peso inicial dos animais foi em média de 220

kg. Durante o período seco foram observados ganhos de peso de 40, 32 e 28 kg/animal para as respectivas taxas de lotação. Durante o período experimental os teores de proteína bruta da pastagem variaram entre 6,6% a 7,7% durante o período seco e o período chuvoso respectivamente, (Embrapa, 1988)

Gomide et al. (2001) estudaram a produção de leite de vacas mestiças em pastagens de capim *Brachiaria decumbens* sob duas diferentes ofertas de forragem (4 ou 8kg do capim verde, picado e oferecido no cocho para cada 100kg de PV). Cada animal recebia diariamente uma suplementação de 2 kg de concentrado contendo 22% de proteína bruta e 75% de NDT. Os pesquisadores observaram que o consumo médio diário de matéria seca, 12,4 kg/vaca, e a produção de leite, cuja média foi de 11,0 kg/vaca/dia, não foram afetados pelas ofertas de pasto estudadas.

Santos et al. (2004b) avaliaram o ganho de peso de tourinhos Limousin-Nelore com 19 meses de idade durante 112 dias de pastejo durante o período seco (julho/outubro). Os animais apresentaram ganho médio de 104 g/dia. Trabalhando com novilhos Angus-Nelore, com peso inicial médio de 195 kg, em piquetes de *B. decumbens*, Feijó et al. (2001) observaram que o período médio para chegar ao peso de abate desejado (471 kg) foi em média 643 dias em sistema exclusivo a pasto e de 503 dias para os animais que receberam suplementação durante os períodos de seca.

Em experimento realizado na Embrapa Gado de Leite, localizada no município de Coronel Pacheco, Minas Gerais, Coser et al (1996) tiveram como objetivo avaliar a produção animal em pastos de Capim gordura (*Melinis minutiflora*) e *Brachiaria decumbens* utilizando cargas de 0,4 e 1,3 UA/ha. Foram utilizados bezerros mestiços, com peso inicial de 130 kg em média. Os autores observaram que o pasto de *Brachiaria decumbens* obteve uma maior produção de matéria seca do que o capim gordura (2,58 contra 2,11 t/ha respectivamente) e um ganho médio no pasto de 17 e 160,6 kg durante o inverno e o verão respectivamente, com uma carga animal constante de 1,3 UA/ha. Os teores de proteína bruta da pastagem variaram de 8,5% a 11,0% durante o período avaliado.

## 2.4 Calorimetria

Segundo Resende et al., (2006) a energia não é considerada um nutriente, sendo liberada do alimento pelos complexos processos metabólicos, uma vez que todos os constituintes orgânicos de uma dieta são susceptíveis à oxidação. Essa energia produzida será utilizada pelo animal, seja para a atividade muscular, produção de calor para manutenção da temperatura corporal, ou até mesmo para a produção.

Há relatos na literatura que pesquisadores como Leonardo da Vinci (1452 – 1519), Joseph Priestly (1733-1804) e Antonie-Laurant Lavoisier (1743 – 1794) já tinham interesse no estudo da utilização da energia (JOHNSON et al., 2003). Baseados nos princípios estudados por estes pioneiros, cientistas como Atweter, Armsby e Blaxter

desenvolveram o estudo da calorimetria, ou seja, da mensuração da produção de calor pelo animal. Porém, a habilidade de calcular toda a perda de energia pelos ruminantes só foi possível após o conhecimento e compreensão dos fatores que influenciaram a perda de calor corporal e o incremento calórico (IC) e da descoberta da presença do gás metano nos gases da respiração Resende et al., (2006).

No século XIX foi desenvolvida por Berthelot a bomba calorimétrica, o que permitiu a determinação precisa da quantidade de energia de diferentes amostras. Ainda no século XIX foi desenvolvida a lei da termodinâmica, que afirma que a energia não pode ser criada, não pode ser destruída, apenas transformada (Ferrel e Oltjen, 2008).

A energia liberada após a combustão completa de uma substância em bomba calorimétrica é conhecida como Energia Bruta (EB). Cada nutriente de um alimento possui uma capacidade diferente de produção de energia. Segundo Lawrence e Fowler (2002), a combustão completa da glicose é capaz de gerar 3,7 Mcal/kg, a celulose gera 4,2 Mcal/kg, o óleo vegetal 9,3 Mcal/kg e as proteínas 5,6 Mcal/kg. Como a grande parte das plantas forrageiras é composta principalmente de carboidratos, a energia bruta resultante de sua completa combustão está em torno de 4,1 Mcal/kg. Apesar de facilmente mensurada, a energia bruta não pode ser utilizada para o uso de formulações de dietas. A grande variabilidade na digestibilidade e do metabolismo entre alimentos torna seu valor pouco representativo (CHWALIBOG, 2004). Parte do alimento ingerido pelo animal não é utilizado como fonte de energia, passando por todo o trato gastrointestinal até sair nas fezes, sem sofrer alteração, resultando a energia aparentemente digestível (ED). A definição de aparentemente é devido ao fato de que nem todo material fecal é derivado do alimento. Parte deste material é oriundo de células de descamação do próprio epitélio do trato gastrointestinal, de enzimas excretadas e de conteúdo de fermentação bacteriana. Porém nem toda energia aparente absorvida pelo animal é utilizada. Parte desta energia ainda é perdida na forma de gases da fermentação ruminal e através da urina (CHWALIBOG, 2004). A proporção dos gases eliminados pela eructação dos ruminantes pode variar principalmente de acordo com a dieta, mas é principalmente composta de  $\text{CO}_2$  e metano ( $\text{CH}_4$ ) em maiores quantidades e de hidrogênio, oxigênio, nitrogênio, monóxido de carbono, entre outros. Segundo Resende et al., (2006) a perda de energia na forma de metano é de aproximadamente 6,0% da energia do alimento em animais no nível de manutenção. A energia perdida na forma de urina é referente a energia dos compostos absorvidos e não utilizados, os produtos finais dos processos metabólicos e aos produtos finais de origem endógena. Quando se subtrai da energia digestível os valores perdidos através dos gases da fermentação ruminal e da urina se obtém o valor de energia metabolizável (EM), que é a energia efetivamente disponível para o metabolismo animal.

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 deve ser medida

com o animal em repouso e em estado pós absorptivo (jejum). (DIENER, 1997; RESENDE et al., 2006).

A esta taxa de metabolismo basal deve ser adicionado o gasto energético extra que ocorre após a ingestão de alimentos e qualquer energia adicional necessária para atividade, termorregulação ou outro trabalho muscular (McClean e Tobin, 1987). O aumento da produção de calor decorrente do consumo de um alimento é chamado de incremento calórico (IC), e corresponde ao calor de ingestão e absorção (resultado da ação enzimática e do trânsito da dieta do trato gastrointestinal), do calor de fermentação (resultado da ação microbiana no rúmen principalmente) e calor de excreção (associado síntese de produtos finais como a uréia no fígado) (Resende et al., 2006).

A metabolizabilidade (q) pode ser definida como a relação entre a energia metabolizável e a energia bruta da dieta. Quando o animal está consumindo no nível de 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., (2006) o aumento da concentração de fibra na dieta resulta em queda do valor de metabolizabilidade. Segundo Geay, (1984) níveis altos de ingestão de matéria seca e aumento da taxa de passagem, podem levar a queda da digestibilidade e aumento das perdas fecais, resultando em queda da metabolizabilidade.

Na maioria dos sistemas baseados no conceito de energia líquida, o ponto inicial é a energia metabolizável. 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 (RIBAS, 2010).

A produção de calor emitido pelo animal pode ser medido através de métodos diretos (calorimetria direta, ou seja, a medição direta do calor emitido pelo animal) ou por métodos indiretos (calorimetria indireta, ou seja, cálculo da produção de calor a partir de trocas gasosas) (Diener, 1997).

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. Essa metodologia está baseada no princípio que a produção de calor metabólico é resultado da oxidação de compostos orgânicos. No entanto, outras formas de perda de calor devem ser consideradas. A produção de metano entérico e a excreção de compostos nitrogenados como a uréia através da urina. Assim, 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 quantidades de gases consumidos pelo animal em experimento (RESENDE et al., 2006).

## 2.5 Produção de metano entérico por ruminantes

Segundo Harper et al., (1999) o metano é o gás orgânico mais abundante na atmosfera, e afeta o equilíbrio de ozônio, hidroxilas e monóxido de carbono atmosférico, e devido sua capacidade de absorção de radiação infravermelha altera o balanço energético da terra. Os efeitos do metano na atmosfera são duradouros, levando em média 8,4 anos para que a molécula de  $\text{CH}_4$  seja destruída (NRC, 2003).

O ruminante é considerado como uma importante fonte de emissão de metano para o ambiente. Dentro do rúmen o metano é encontrado em uma proporção média de 27%, sendo o segundo gás em maior volume, ficando atrás apenas do dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) com 65%. A produção de metano ruminal é considerada como perda de eficiência energética do alimento em forma de carbono, refletindo em perda de desempenho animal (PEDREIRA et al., 2005).

O rúmen é uma grande câmara de fermentação, com um volume de digesta variável, determinado por um balanço de entrada (alimentação) e uma taxa de fluxo. Os movimentos ruminais controlam a mistura da digesta, a saída de conteúdo ruminal para retículo e omaso, além da eructação de gases da fermentação (Lana, 2007). Duas espécies de *Archaeas* metanogênicas (*Methanobrevibacter ruminantium* e *Methanosarcina sp*) são encontradas em grande número dentro do rúmen. Estas duas espécies produzem metano principalmente pela redução do  $\text{CO}_2$ , gerando assim suas necessidades energéticas para o crescimento. Estas mesmas *Archaeas* também podem produzir metano a partir do formato e em menor grau a partir do metanol, mono-, di- e tri-metilamina, além do acetato (McAllister et al., 1996). 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  $\text{CH}_4$  intestinal. Porém, grande parte do metano produzido (98%) é absorvido através da parede intestinal, transportado até os pulmões e expirados pela boca e orifícios nasais (Immig, 1996).

O consumo de matéria seca se relaciona positivamente com a emissão de  $\text{CH}_4$  (g/d). Segundo Lasseby et al., (1997), 87% da produção entérica de metano é atribuída às diferenças entre os animais, e somente 13% é devido às diferenças na ingestão de

matéria seca. Características como composição racial, volume ruminal, capacidade de seleção de alimento, tempo de retenção do alimento no do rúmen, e as associações de fatores que conduzem à maior ou menor capacidade de digestão da fibra dos alimentos. Segundo Tedeschi et al., (2003) com aumento da taxa de passagem ruminal em 50% a produção de  $\text{CH}_4$  sofre uma redução de 30%. Segundo Kirchgessner et al., (1995), os diferentes constituintes da dieta também interferem na produção de metano. Segundo estes autores em média a fibra bruta contribui com 60%, os extrativos não nitrogenados com 30% e a proteína bruta com 10%. A produção de  $\text{CH}_4$  também é afetada pelo tipo de carboidrato fermentado. Quando o animal recebe dietas com maior concentração de amido, ocorre queda do pH, tornando o ambiente mais hostil para a sobrevivência de metanogênicas, devido à baixa produção de  $\text{H}_2$  resultante dessa fermentação. Então, menos  $\text{CH}_4$  é produzido por unidade de amido do que por unidade de carboidrato estrutural.

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 pelos principais grupos de pesquisa, considerados como método padrão (*Standard Gold*) para a calibragem e desenvolvimento de novas metodologias.

Diversos métodos são descritos na literatura visando quantificar o volume de metano entérico produzido por ruminantes, entre elas se destacam:

*Câmaras Respirométricas:* A maioria das estimativas da produção de metano por ruminantes é baseada em modelos obtidos a partir de mensurações de animais confinados em câmaras respirométricas, sendo essa a base utilizada pelo modelo de Blaxter e Clapperton (1965). No entanto devido a enorme variação existente entre diferentes locais do mundo, a aplicabilidade das equações são limitadas, sendo necessárias mais pesquisas nesta área (RODRIGUEZ et al, 2007).

Para a predição correta da produção diária de metano dos animais em câmara respirométrica, cuidado especial deve ser dado ao tempo de mensuração uma vez que a taxa de produção desse gás varia ao longo do dia (GRAINGER, 2006).

*Técnica do Gás Traçador  $\text{SF}_6$ :* Devido ao alto preço de implantação de câmaras respirométricas e a dificuldade de simulação de situações de pastejo pelos animais, Johnson et al., (1994), desenvolveram um método alternativo para a mensuração da produção de metano nestas condições. Estes pesquisadores utilizaram um traçador atmosférico, o hexafluoreto de enxofre ( $\text{SF}_6$ ), o qual foi colocado no rúmen em um dispositivo de liberação constante. O  $\text{SF}_6$  apresenta a vantagem de ser inerte, inodoro, sem interferir nas funções ruminais, além de ser detectável em concentrações muito baixas (1 ppt).

Os gases liberados pela eructação e expiração são então coletados por dispositivos adaptados na narina do animal, de forma que se obtêm amostras ao longo do dia (Johnson et al., 1994), que podem ser analisadas e quantificadas. Através de equações matemáticas é então encontrado o volume de emissão de CH<sub>4</sub>.

*Técnicas “In vitro”*: O primeiro relato da literatura sobre a avaliação de alimentos baseado na medição da produção de gases foi feito por Quin (1943), que avaliou com auxílio de manômetros a produção dos gases. Na década de 60, foram sugeridas técnicas de medições de gases baseadas no deslocamento de água, como a metodologia de avaliação dos alimentos para os ruminantes descrita por Johnson (1963), sendo esta a base de algumas técnicas atuais de produção de gases utilizadas para avaliar alimentos para ruminantes (WAGHORN e STAFFORD, 1993).

Devido ao alto custo com os experimentos *in vivo*, demanda de tempo, mão-de-obra e baixo número de amostras avaliados, a utilização das técnicas *in vitro* estão sendo cada vez mais utilizadas para a determinação do valor nutricional dos alimentos, sendo relacionadas ao consumo e digestibilidade pelo animal. Entre as vantagens apresentadas pela técnica *in vitro* semi-automática de produção de gases está à capacidade de avaliar um grande número de amostras ao mesmo tempo e descrever assim a cinética de fermentação ruminal (MAURICIO et al, 1999). O princípio desta técnica se baseia na simulação dos processos metabólicos que acontecem normalmente no rúmen onde a degradação do alimento depende dos microrganismos e do ambiente ruminal adequado para se manterem ativos e fermentarem o alimento. Sob essas condições há formação de ácidos graxos de cadeia curta, além de CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> e produção de massa microbiana (BLUMMEL et al., 2005). A amostragem dos gases de fermentação permite que seja realizada a quantificação e qualificação destes.

## **2.6 Técnicas in vitro para avaliação nutricional de forrageiras**

Tentativas de prever a digestibilidade “in vivo” usando sistemas de fermentação “in vitro” foi primeiramente realizado no início do século 20, porém devido a falhas na coleta de inóculo ruminal, técnicas anaeróbicas ineficientes e meios de cultura inadequados resultaram em um desaparecimento da matéria seca significativamente abaixo dos encontrados nos experimentos “in vivo” (WEISS e PELL, 2007). No início dos anos 60 diversos métodos “in vitro” foram desenvolvidos, incluindo a metodologia de dois estágios de Tilley-Terry (1963), método que ainda hoje é utilizado com algumas modificações. Por esta metodologia uma pequena quantidade de substrato é incubada anaerobicamente em líquido ruminal e meio de cultura durante 48 horas. A atividade microbiana é então interrompida, e ao resíduo é adicionado à pepsina ácida. Após 24 horas o resíduo final é pesado, resultando na degradabilidade da matéria seca. Diversas modificações foram sugeridas a esta técnica. Goering e Van Soest (1970) substituíram o passo com pepsina ácida pela adição de uma solução de detergente neutro, o que

corrigira a DMS pela retirada dos conteúdos bacterianos aderidos ao resíduo. Segundo Van Soest (1994) a técnica de Tilley e Terry (1963) possui alta correlação com a digestibilidade *in vivo*, mas geralmente é empregada para fornecer somente dados da degradação final, não evidenciando informações da cinética de fermentação ruminal.

O desenvolvimento do sistema Ankom (Daisy II, Ankom, Macedon, NY) tem aumentado a aplicação comercial dos ensaios “*in vitro*” (WEISS e PELL, 2007). Segundo estes autores o sistema Ankom possui vantagens sobre o sistema de Tilley-Terry (1963), como a possibilidade de se observar efeitos associativos entre os tratamentos uma vez que cada amostra é colocada em um saquinho filtrante padrão (F57 Ankom) e colocados juntos em um único meio de cultura. Já no Tilley-Terry (1963), cada amostra é colocada em um frasco separado impossibilitando a observação de interações. Porém o sistema Ankom também possui desvantagens, pois componentes inibitórios presentes em uma amostra pode alterar o resultado de uma outra amostra.

Vários estudos compararam o método Ankom com a metodologia de Tilley-Terry (1963) ou com técnicas “*in situ*” (ROBSINSON et al., 1999; WILMAN e ADESOGAN, 2000). A maioria concluiu que a metodologia Ankom não apresentou diferenças com os outros métodos comparados, porém alguns estudos relatam resultados de maiores valores de degradabilidade da matéria seca se comparada ao Tilley-Terry (1963) (WILMAN e ADESOGAN, 2000).

Menke et al., (1979) demonstraram que a produção de gás de forrageiras incubadas “*in vitro*” com microrganismos ruminais constitui uma medida indireta da sua digestibilidade e conteúdo de energia metabolizável. Diversos grupos de pesquisa passaram a estudar a cinética de fermentação através de estudos “*in vitro*” de produção de gases, utilizando seringas de vidro (HIDAYAT et al., 1993; KHAZAAL e ORSKOV, 1994) ou pela utilização de sistemas manométricos (GARG e GUPTA, 1992; WARGHON e STAFFORD, 1993). No entanto, estes sistemas necessitavam de leituras periódicas do volume de gás produzido o que tornava a técnica muito laboriosa, limitando o número de substratos a serem analisados.

Para aumentar a eficiência dos sistemas de leituras vários estudos foram realizados. Malafaia et al (1998) desenvolveram um sistema de produção de gases onde o manômetro é conectado a uma seringa, permitindo o estudo da cinética de fermentação. Porém a técnica possuía limitações como o pequeno número de amostras testadas ao mesmo tempo e a baixa sensibilidade do manômetro. Pell e Schfield (1993) desenvolveram uma técnica de produção de gases onde as leituras eram inteiramente automatizadas, não necessitando de leituras manuais periódicas, exigindo um transdutor de pressão acoplado para cada frasco. Porém essa técnica, como qualquer método automatizado exige um grande investimento em equipamentos eletrônicos, o que eleva o custo de investimento e o que pode limitar o número de amostras testadas. Já na técnica apresentada por Theodorou et al., (1994), as leituras de pressão e volume eram feitas manualmente, tendo a vantagem de requerer apenas um transdutor de pressão, permitindo a análise de um número maior de amostras a um custo mais baixo. Porém

desvantagens de maior necessidade de mão de obra e uma possibilidade maior de erro devido ao fator humano.

A técnica *in vitro* semi-automática de produção de gases (Maurício et al., 1999) ou RPT “*Reading Pressure Technique*” é um sistema de avaliação da qualidade nutricional de alimentos, desenvolvido a partir de adaptações feitas à técnica manual de produção de gases desenvolvida por Theodorou et al. (1994). Nesta técnica é medida a pressão do gas produzido dentro de um frasco contendo a amostra, líquido ruminal e meio de cultura (*buffer*) e através de uma equação estima-se o volume de gás produzido. Os dados lidos no transdutor são transferido manualmente para o computador o que diferenciou esta técnica da proposta por Theodorou et al. (1994). 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 também pode ser relacionada com a predição do consumo da matéria seca (BLÜMMEL e ORSKOV, 1993), auxiliar na seleção de genótipos superiores, comparação de substratos com diferentes quantidades de carboidratos solúveis (Nogueira et al., 2004), além de avaliar princípios anti-nutricionais (KHAZAAL et al., 1994). Diversos fatores podem afetar a eficiência da técnica de produção de gás, como a preparação da amostra, a qualidade do fluido ruminal, temperatura e 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 (WILLIAMS, 2000). A maioria dos trabalhos envolvendo a técnica de produção de gases recomenda que o substrato seja moído através de peneira de 1 mm (MENKE, 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 Maillard) 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 contem 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 de um líquido ruminal coletado de um dia para o outro são menos ativos 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 da inoculação também podem 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 gás em resposta ao incremento da densidade bacteriana.

## **2.7 Técnicas de degradabilidade “in situ” para avaliação de forrageiras**

Desde 1930 há relatos dos primeiros experimentos utilizando a técnica “in situ” para a avaliação de alimentos para ruminantes (QUIN et al., (1938) citado por SAMPAIO (1988)). Nos anos posteriores estudos foram realizados na tentativa de padronização da técnica, principalmente no que diz respeito a quantidade de amostra por cm<sup>2</sup> de tecido, além da porosidade do tecido utilizado (JOHNSON, 1966; TOMLIN et al., 1967; RODRIGUEZ, 1968).

A técnica “in situ” através do uso de sacos de náilon suspensos no rumen permite estudar a degradabilidade ruminal dos alimentos. Esta técnica permite a determinação da degradabilidade de alimentos e seus diversos componentes nutricionais. Hurtington e Gives, (1995) estudando diferentes técnicas de análise de alimentos para ruminantes relataram altos valores de correlação entre as técnicas “in vivo” e “in situ”. Segundo Nocek, (1988) 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. Segundo Mertens (1993) a vantagem da técnica “in situ” em relação as técnicas “in vitro” é que a primeira está mais apta a descrever a cinética de fermentação ruminal por permitir a interação entre o substrato e o animal. O processo de degradação ocorre em condições reais.

No entanto, deve-se considerar 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. Segundo Vanzant et al., (1998), técnicas “in situ” vêm sendo utilizadas intensivamente por mais de duas décadas, para comparar características de degradação entre alimentos e melhorar os conhecimentos da digestão de ruminantes. Segundo Berchielli et al., (2006) os sistemas aplicados ao balanceamento de dietas requerem conhecimento das características de degradação dos alimentos, a fim de melhorar a performance animal. O AFRC (1993) vem adotando a técnica “in situ” como o método padrão para caracterizar a degradabilidade ruminal do alimento, por apresentar resultados semelhantes a aqueles obtidos pela técnica “in vivo”.

Diversos fatores devem ser observados no momento da adoção da metodologia para que os erros possam ser minimizados. Um aspecto de grande importância é o material em

que o alimento será incubado. Os materiais mais frequentemente utilizados para a confecção dos sacos são o poliéster, náilon e o *dacron*, sendo estes dois últimos os mais utilizados (HUNTINGTON e GIVES, 1995). Além da composição, a estrutura do tecido também é importante. Sacos de tecidos monofilamentosos apresentam estrutura constante e porosidade uniforme (MARINUCCI et al., 1992).

A porosidade também é muito importante. Deve-se considerar uma porosidade adequada que permita a entrada dos microrganismos no interior dos sacos para a degradação do alimento, remoção dos produtos finais da degradação e redução das perdas de amostras não degradadas (Van Hellen e Ellis, 1977). Segundo Huntington e Givens (1995) a porosidade recomendada varia entre 30 e 50  $\mu\text{m}$ . A porosidade do saco é condicionada principalmente pelo grau de moagem da amostra. Amostras muito finas aumentam as chances de material não degradado escapar pelo poro maior, superestimando a degradabilidade ruminal do substrato. Segundo Nocek (1985) são menores os valores de perda de nitrogênio em sacos de porosidades de 6 e 20  $\mu\text{m}$  do que em sacos de 90 e 102  $\mu\text{m}$ , sendo que os de 40  $\mu\text{m}$  produziram valores intermediários. No entanto, poros muito pequenos podem dificultar a saída do material já degradado e subestimar a degradabilidade ruminal do material avaliado. Segundo Maurinucci et al., (1992) a falha na saída do material por poros muito pequenos pode criar um microambiente dentro do saco, com menor valor de pH, inibindo a ação de bactérias celulolíticas.

Também a relação de quantidade da amostra e área de tecido deve ser observada. Segundo Huntingtong e Givins (1995) a relação de 16  $\text{mg}/\text{cm}^2$  é a mais recomendada. Nocek (1985) obsevou a diminuição dos valores de desaparecimento da matéria seca de 3 e 8% respectivamente, para relações de peso da amostra / área do saco de 9,2 para 20,3  $\text{mg}/\text{cm}^2$ . Segundo este autor a relação de 12,6  $\text{mg}/\text{cm}^2$  resultou em valores de desaparecimento ruminal da matéria seca mais próximos de estudos “in vivo”. Vazant et al., (1998) recomendam relações entre 10 e 20  $\text{mg}/\text{cm}^2$  para diversos tipos de volumosos e concentrados.

O grau da moagem da amostra a ser incubada também pode influenciar o resultado da degradação ruminal do substrato avaliado. Segundo Vazant et al., (1998) a preparação da amostra para a incubação deve apresentar efeito mínimo sobre o substrato e torna-lo o mais homogêneo possível. Ainda não há na literatura um consenso sobre o tamanho da partícula a ser incubada no rumen. O desaparecimento da matéria seca da amostra tende a aumentar a medida que se reduz o tamanho da partícula (Nocek, 1985). Segundo o mesmo autor, os trabalhos encontrados na literatura são inconclusivos em relação ao tamanho da partícula a ser analisado em experimentos “in situ” e recomenda o uso da moagem a 5 mm para alimentos volumosos a fim de criar uma maior uniformidade do substrato. Segundo Vazant et al., (1998) é recomendado a moagem de 1,5 a 3,0 mm para alimentos concentrados, e de 1,5 a 5,0 mm para forragens. Orskov et al., (1988) também recomendam uma moagem em peneira com malhas de 5,0 mm quando se trabalha com forragens verdes, úmidas e ensiladas.

O local de incubação também pode influenciar na resposta. Segundo Huntington e Givens, (1995) 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. Segundo os mesmos autores, a restrição da movimentação dos sacos pelo rúmen subestima a degradabilidade do material. Por esse motivo, o peso da ancora e o tamanho da corda em que os sacos são presos é um fator que influencia na resposta. Stritzler et al., (1990) reportaram aumento do desaparecimento da matéria seca em resposta ao incremento no comprimento da corda. Segundo os autores esta variação é atribuída à estratificação da digesta e variações na concentração de microrganismos no sítio de amostragem. Em revisão publicada por Huntington e Givens (1997), a maioria dos trabalhos citados pelos autores utilizavam cordas com comprimento entre 41 a 51 centímetros em bovinos e 25 centímetros para ovinos.

Outro fator que pode afetar a resposta final é a ordem de incubação das amostras no rúmen. Nocek (1985) comparou a degradabilidade entre experimentos em que todos os sacos foram colocados ao mesmo tempo dentro do rúmen e retirados em determinados horários contra experimentos onde os sacos foram introduzidos em sequência inversa e removidos todos ao mesmo tempo. Segundo o autor o primeiro procedimento apresentou menor coeficiente de variação e lentas taxas de degradação, fato atribuído à interrupção do processo de digestão quando os sacos são removidos e novamente colocados no rúmen. Porém, se os sacos não são colocados ao mesmo tempo dentro do rúmen, eles não estarão submetidos às mesmas condições de degradação.

A lavagem dos sacos após a incubação ruminal objetiva interromper a atividade microbiana e remover toda a digesta ruminal e resíduos de matéria microbiana. O resíduo de microrganismos ruminais na amostra incubada influencia o valor de degradabilidade do nitrogênio, principalmente da fração lentamente degradável. Diferentes metodologias de lavagem tem sido sugeridas: lavagem manual em água corrente até esta sair límpida, lavagem mecânica em máquina com tempos oscilando entre 2 a 15 minutos (Doreau e Ould-Bah, 1992). Cherney et al., (1990) compararam os métodos de lavagem (manual e mecânica) e os tempos de lavagem. Os autores relataram que não houve diferença entre os métodos, porém o desaparecimento da matéria seca foi maior nos maiores tempos de lavagem em comparação com os menores tempos.

## **2.8 Microscopia eletrônica de varredura**

O constante aperfeiçoamento das lentes de aumento dos microscópios, bem como o desenvolvimento de técnicas de preparação de amostras, formaram as bases para o progresso da ciência, principalmente da área biológica. A utilização da microscopia eletrônica de varredura (MEV) e da microscopia eletrônica de transmissão (MET) constituem excelentes ferramentas disponíveis para pesquisas nas diversas áreas da ciência.

Existem diferentes técnicas de microscopia que podem ser empregadas para o estudo da fermentação ruminal e cada uma delas oferece resultados diferentes e complementares. A microscopia de luz permite a identificação de diferentes tecidos, estimar seu tamanho e o tamanho da parede celular, assim como determinar a presença ou ausência da lignina (AKIN e BURDICK, 1981). A microscopia eletrônica de varredura torna possível determinar a perda de tecidos na superfície da amostra após a degradação, fornecendo informação das interações entre os microrganismos e a parede celular da planta (Harbes et al., 1981). A microscopia eletrônica de transmissão provê informações sobre a estrutura da parede celular e modo de degradação pelos microrganismos ruminais (OHLDE et al., 1992).

A microscopia eletrônica de varredura tem sido utilizada para estabelecer uma base entre a parede celular e a digestibilidade de forragens, pois possibilita a observação e registro da imagem tridimensional. Os trabalhos pioneiros realizados por Robert E. Hungate sobre microbiologia de rúmen a partir de 1935, isolando e identificando bactérias (*Bacteroides*, agora *Fibrobacter succinogenes* e *Ruminococcus flavefaciens*, dentre outras), resultaram em vários artigos e no livro “The rumen and its microbes”, publicações estas que formaram a base para os avanços tecnológicos na área de nutrição de ruminantes. Avanços também ocorreram na avaliação de alimentos para ruminantes com a utilização da microscopia, permitindo elucidar-se em vários substratos a relação causa/efeito no processo de degradação.

Os estudos anatômicos com forrageiras visando verificar-se o efeito da anatomia na digestibilidade iniciaram-se a partir de 1970 (HANNA et al., 1973 e AKIN et al., 1973). Estes estudos complementam as informações sobre os fatores que interferem na qualidade das forrageiras, visto que nem sempre a análise química e a digestibilidade explicam todas as variações no consumo das forrageiras. Akin e Hartley (1992) consideraram que no preparo das amostras misturam-se vários tecidos que apresentam digestibilidade distinta. A digestibilidade da parede celular de gramíneas pode variar de 30 a 60 %, ao passo que a dos diferentes tecidos das lâminas foliares, de 0 a 100 % (Wilson, 1993).

Nas lâminas foliares de gramíneas, as células que apresentam alta digestibilidade são as de mesofilo (MES) e de floema (FLO), as de epiderme, abaxial (EPIaba) e adaxial (EPIada), e de bainha parenquimática dos feixes (BPF), são parcialmente digeridas. Já as de esclerênquima (ESC) e do xilema (XIL), são indigestíveis. A maior qualidade geralmente observada nas lâminas foliares de gramíneas C<sub>3</sub> em relação às C<sub>4</sub> é também atribuída às diferenças na proporção de tecidos. As espécies C<sub>4</sub> apresentam menor proporção de MES, células da BPF bem desenvolvidas (Black, 1971), alta frequência de feixes vasculares (Wilson et al., 1983) e um denso acondicionamento dos tecidos (Hanna et al., 1973), em relação às C<sub>3</sub>. A proporção de células de MES nas lâminas foliares de plantas C<sub>4</sub> é variável entre as espécies e cultivares, porém, é geralmente inferior a 45%. O desaparecimento destas células no rúmen é elevado, apresentando digestão completa normalmente após 12 a 24 horas de incubação (AKIN et al., 1983; MAGAI et al., 1994).

As ligninas deprimem a digestibilidade das forrageiras por interagir com outros componentes da parede celular (HATFIELD e WEIMER, 1995). A maior parte da lignina se encontra confinada ao esclerênquima e algumas porções do tecido vascular. Já o floema e o mesófilo são tecidos não lignificados.

Grenet (1991) estudou a degradação progressiva dos tecidos do milho incubados em sacos de náilon através da técnica “in situ” nos horários de 8, 24, 48 e 72 horas, e observou que o floema foi o primeiro tecido a desaparecer, seguido pelo parênquima interno do talo e em uma menor proporção o parênquima externo. Saliba (1998) estudando a estrutura química e microscópica da lignina dos resíduos agrícolas de milho e de soja expostas à degradação ruminal, concluiu que a lignina de palha moída do resíduo de cultura de milho e da soja são morfologicamente diferentes (ultraestruturas diferentes) e que os desaparecimentos dos tecidos digestíveis também são diferentes.

Cheng et al., (1984) estudaram os efeitos microscópicos da degradação ruminal em folhas de alfafa pela técnica “in situ” e observaram que após 24 horas de degradação ruminal havia início de degradação da cutícula das folhas, e após 72 horas de degradação apenas o tecido vascular permaneceu.

A microscopia eletrônica e uma técnica altamente especializada que oferece uma detalhada informação dos mecanismos de degradação microbiana no rúmen. Ela pode ser complementada com outros métodos físicos ou químicos que permitam quantificar a degradação do alimento através do tempo para uma melhor compreensão do funcionamento ruminal (NOGUERA, 2002).

## **2.9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

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

AKIN, D.E., BURDICK, D. 1981. Relationship of different histochemical types of lignified cell wall to forage digestibility. *Crop Science*, 21:577-581.

AKIN, D.E.; HARTLEY, R.D. UV absorption microspectrophotometry and digestibility of cell types of bermudagrass internodes at different stages of maturity. *Journal of Science Food Agriculture*, v.59, p.437-447, 1992.

AKIN, D.E.; BROWN, R.H.; RIGSBY, L.L. Digestion of stem tissues in *Panicum* species. *Crop Science*, v.24, n.4, p.769-773, 1973.

AKIN, D.E.; WILSON, J.R.; WINDHAM, W.R. Site and rate of tissue digestion in leaves of C3, C4, and C3/C4 intermediate *Panicum* species. *Crop Science*, v.23, n.1, p.147-155, 1983.

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.

ANUALPEC. Anuário da Pecuária Brasileira. São Paulo: FNP, 2008. 385p.

BERCHIELLI, T. T.; GARCIA, A. V.; OLIVEIRA, S. G. Principais técnicas de avaliação aplicadas em estudo de nutrição. In: Berchielli, T.T.; Pires, A.V.; Oliveira, S.G. *Nutrição de ruminantes*. Jaboticabal: FUNEP. p.397-421. 2006.

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.

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, VELLAIKUMAR S, DEVULAPALLI R, NIGAM SN, UPADHYAYA HD; KHAN A. Preliminary observations on livestock productivity in sheep fed exclusively on haulms from eleven cultivars of groundnut. *International Arachis Newsletter* 25:54–57. 2005

BROUWER, E. Report of Sub-Committee on Constants and Factors. *Proc 3rd Symp. On Energy Metabolism*, EAAP Publ. N° 11. p. 441-443, 1965

Butterworth, M. H., Digestibility trials on forages in Trinidad and their use in the prediction of nutritive value. *J. Agric. Sci.*, 60: 341-346. 1963.

CATASÚS, L. *Manual de Agrostologia*. La Habana, Cuba: Editorial Academia, 1997. 98 p.

CAVALCANTI FILHO, L. F. M.; SANTOS, M. V. F.; FERREIRA, M. A.; MODESTO, E. C. Caracterização da pastagem de *Brachiaria decumbens* na zona da mata de Pernambuco, *Archivos de Zootecnia*. v. 57, n. 220, p.391-402, 2008.

CHAMORRO, D. *Sistema de evaluación de especies forrajeras: Conceptos y procedimientos técnicos*. Gramíneas y leguminosas. Boletín de investigación. Tolima, Colombia: El Espinal. 1988, p.21

CHENG, T. C., S. H. ORKIN, S. E. ANTONARAKIS, M. J. POTTER, J. P. SEXTON, A. F. MARKHAM, P. J. V. GIARDINA, A. LI, AND H. H. KAZAZIAN, JR. 13-Thalassemia in Chinese: use of "in vivo" RNA analysis and oligonucleotide hybridization in systematic characterization of molecular defects. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 81:2821-2825. 1984.

CHERNEY, D.J.R.; MERTENS, D.R.; MOORE, J.E. Intake and digestibility by wethers as influenced by forage morphology at three levels of forage offering. *Journal of Animal Science*, v.68, p.4387-4399, 1990.

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

CORSI, M. *Produção e qualidade de forragens tropicais*. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 1990, Piracicaba. *Anais*. Piracicaba: FEALQ, 1990. p. 69-85.

COSER, A. C.; CRUZ FILHO, A. B.; MARTINS, C. E.; CARVALHO, A. L. Desempenho animal em pastagens de capim-gordura e braquiária. *Pasturas tropicais*, v. 19, n.3, p. 14 – 19, 1996.

COSTA, K. A. P.; OLIVEIRA, I. P.; FAQUIN, V. Intervalo de corte na produção de massa seca e composição químico-bromatológica da *brachiaria brizantha* cv. Mg-5, *Ciencia Agrotécnica*, Lavras, v. 31, n. 4, p. 1197-1202, jul./ago., 2007.

DIENER, J. R. C. Calorimetria indireta. *Rev. Ass. Med. Brasil*. 1997. 43(3): 245-53

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.

FERRELL, C. L.; OLTJEN, J. W. Net energy systems for beef cattle: Concepts. 2008; *Journal of Animal Science*. 2008.86:2779-2794

GARCIA, J.; ALCALDE, C. R.; ZAMBOM, M. A. Desempenho de Novilhos em Crescimento em Pastagem de *Brachiaria decumbens* Suplementados com Diferentes Fontes Energéticas no Período da Seca e Transição Seca-Águas, *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.33, n.6, p.2140-2150, 2004.

GARG, M.R.; GUPTA, B.N. Effect of supplementing urea molasses mineral block lick to straw based diet on dry matter intake and nutrient utilization. *Asian J. Anim. Sci.*, 5 (1992), pp. 39–46. 1992

GEAY, Y. 1984. Energy and protein utilization in growing cattle. *Journal of Animal Science* 58:766.

GERARDO J. & OLIVA, O. *Revista de la Estación Experimental de Pastos y Forrajes “Indio Hatuey”*, Matanzas, Cuba 2:47. 1979.

GOBBI, K. F.; GARCIA, R.; GARCEZ NETO, A. F.; PEREIRA, O. G. Composição Química e Digestibilidade In Vitro do Feno de *Brachiaria decumbens* Stapf tratado com uréia. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 43, n. 3, p. 720 – 725, 2005.

GOEDERT, W.J., E. LOBATO E E. WAGNER. Potencial agrícola da região de cerrados brasileiros. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, n.15, p.1-17, 1988.

- GOERING, H. K. E.; VAN SOEST, P. J. *Forages fiber analysis*. Handbook, n.379, Agricultural Research Service, USDA, Washington, D.C. 1970. 20p.
- GOMIDE, J. A.; WENDLING, I. J.; BRAS, S. P. Consumo e Produção de Leite de Vacas Mestiças em Pastagem de *Brachiaria decumbens* Manejada sob Duas Ofertas Diárias de Forragem. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.30, n.4, p.1194-1199, 2001.
- GRENET, E. Microbes and Fibre Degradation. In: JOUANY, J.P. Rumen microbial metabolism and ruminant digestion. Paris: INRA, 1991. 372 p.
- HANNA, W.W., MONSON, W.G., BURTON, G.W. Histological examination of fresh forage leaves after in vitro digestion. *Crop Science*, v.13, p.98-102, 1973.
- HARBES, L.H.; KREITNER, G. L.; DAVIS JR, et al. Ruminal digestion of ammonium hydroxide-treated wheat straw observed by scanning electron microscopy. *Journal of animal Science*. v. 54, n. 6, p. 1309-1319, 1982
- HARPER, L.A.; DENMEAD, O.T.; FRENEY, J.R.; BYERS, F.M. Direct measurements of methane emissions from grazing and feedlot cattle. *J. Anim. Sci.*, v.77, p.1392–1401, 1999.
- HATFIELD, R.D.; WEIMER, P.J. Degradation characteristics of isolated and in situ cell wall lucerne pectic polysaccharides by mixed ruminal microbes. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, v.69, n.2, p.185-196, 1995.
- 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.
- HUNKER, A. E. S. *Three Brachiaria SP adapted to well drained soils*. Bulletin, n. 82. Landbouw proefstation. Suriname. 1965. 193 p.
- IMMIG, I. The rumen and hindgut as source of ruminant methanogenesis. *Environmental monitoring and assessment* 42: 57–72. 1996.
- JONHSON, W. L.; PEZO, P. Cell-wall, fractions and in vitro digestibility of peruvian feedstuffs. *Journal of Animal Science*, v. 41, p. 185 – 197, 1975.
- JOHNSON, K.; HUYLER, M.; WESTBERG, H. *et al.* Measurement of methane emissions from ruminant livestock using a SF<sub>6</sub> tracer technique. *Environ. Sci. Technol.*, v.28, p.359- 362, 1994
- JOHNSON, K.A.; JOHNSON, D.E. Methane Emissions from Cattle. *J. Anim. Sci.*, v.73, p.2483- 2492, 1995.

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.

KIRCHGESSNER CU, PATIL CK, EVANS JW, CUOMO CA, FRIED LM, CARTER T, OETTINGER MA.; BROWN, J.M. DNA-dependent kinase (p350) as a candidate gene for the murine SCID defect. *Science* 267: 1178–1183.1995

LASSEY, K.R.; ULYATT, M.J.; MARTIN, R.J.; WALKER, C.F.; SHELTON, I.D. (1997).Methane emissions measured directly from grazing livestock in New Zealand. *Atmospheric Environment* 31(18): 2905–2914.

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

MACÊDO, F. A. F. *Efeito de quatro datas de vedação sobre a produtividade e o valor nutritivo da Brachiaria decumbens STAPP*. 1982. p.71. Tese (Mestrado em Zootecnia) – Escola de Veterinária, UFMG, Belo Horizonte

MALAFIA, P. A. M.; VALADARES FILHO, S. C.; VIEIRA, R. A. M. Kinetic parameters of ruminal degradation estimated with a non-automated system to measure gas production. *Livest. Prod. Sci.*, v. 58, n. 2, p. 65–73, 1999.

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.

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

McALLISTER, T.A. *et al.* Dietary, environmental and microbiological aspects of methane production in ruminants. *Canadian Journal of Animal Science*, v.76, p.231-243. 1996.

Mcl-ean, J. A. and Tobin, G. 1987. *Animal and human calorimetry*.Cambridge University Press, Cambridge, U.K.

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.

MALAFAIA, P. A. M.; VALADARES FILHO, S. C.; VIEIRA, R. A. M. Kinetic parameters of ruminal degradation estimated with a non-automated system to measure gas production. *Livest. Prod. Sci.*, v. 58, n. 2, p. 65–73, 1999.

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. 1993.

MORAES, E. H. B. K.; PAULINO, M. F. ZERVOUDAKIS, J. T. Avaliação Qualitativa da Pastagem Diferida de *Brachiaria decumbens* Stapf., sob Pastejo, no Período da Seca, por Intermediário de Três Métodos de Amostragem, *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.34, n.1, p.30-35, 2005.

MOSQUERA, P.; LASCANO, C. Producción de leche de vacas en pasturas de *Brachiaria decumbens* solo y em pasturas de *brachiaria decumbens* solo y con acceso controlado a banco de proteína. *Pasturas Tropicales*. V.14, n.1, p.2, 1992.

NOCEK, J. E. In situ and other methods to estimate ruminal protein energy digestibility: A review. In: TEIXEIRA, J.C. (Ed.). *Digestibilidade em ruminantes*. Lavras - Brasil: UFLA, 1997, Cap 10, p. 197-240.

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.

NOGUEIRA, U.T.; MAURÍCIO, R.M.; GONÇALVES, L.C. Predição da degradação da matéria seca através do volume de gases produzidos utilizando a técnica in vitro semi-automática de produção in vitro de gases. In: REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 41, 2004, Campo Grande. Anais...Campo Grande: SBZ, 2004. (CD-ROM).

NOGUERA, J.R.R. Estudo químico, in situ, in vitro e microscópico da parede celular de cinco genótipos de sorgo colhidos em três épocas de corte. Belo Horizonte: Escola de Veterinária da UFMG, 2002, 148p. (tese).

OLIVEIRA, S. G.; BERCHIELLI, T. T.; PEDREIRA, M. S. *et al.* 2006. Effect of tannin levels in sorghum silage and concentrate supplementation on apparent digestibility and methane emission in beef cattle. *Animal Feed Science and Technology*, 135 (2007) 236–248

ORSINE, G. F.; CELSO, P. C.; OLIVEIRA, B. Efeito da fonte de cálcio (*Calcário* ou *Lithothamnium calcareum*) na digestibilidade aparente no feno de capim *Brachiaria decumbens* Staph cv. Basiliski. *Anais da Escola de Agronomia e Veterinária*, v. 19, n. 1, p. 49 – 58, 1989

PACIULLO, D. S. C.; GOMIDE, J. A.; QUEIROZ, D. S.; MONTEIRO DA SILVA, E. A. Composição Química e Digestibilidade In Vitro de Lâminas Foliares e Colmos de Gramíneas Forrageiras, em Função do Nível de Inserção no Perfilho, da Idade e da Estação de Crescimento. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 30, n. 3, p. 964-974, 2001.

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.

QUIN, J. I. Studies on the alimentary tract of Merino sheep in South Africa VII.- Fermentation in the fore stomachs of sheep. *J. Veterin. Sci. Anim. Industr.*, v. 18, p. 91-111, 1943.

QUIN, J. I.; VAN DER WATH, J. G.; MYBURGH, S. Studies on the alimentary tract of merino sheep in South Africa. IV. Description of experimental technique. *J. Veterin. Sci. Anim. Industr.*, v. 11, p. 341-360, 1938.

RIBAS, M. N. Avaliação agronômica e nutricional de híbridos de sorgo com capim-sudão, normais e mutantes bmr- portadores de nervura marrom. Belo Horizonte, MG: Escola de Veterinário da UFMG. 2010, 128p. (Tese)

RELATÓRIO TÉCNICO ANUAL DO CENTRO NACIONAL DE PESQUISA DE GADO DE CORTE. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA. 1988. Campo Grande, MS. 354 p.

ROBINSON, R.C.; CHOE, S.; BURTNICK, L.D. The disintegration of a molecule: the role of gelsolin in FAF, familial amyloidosis (Finnish type). *Proc Natl Acad Sci USA* 98: 2117–2118, 1999

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.

RODRIGUEZ, H. In vivo digestibility the relative position within the rumen. *Revista Cubana de Ciência Agrícola*, v.2, p.285-287, 1968.

SALIBA, E. O. S. Caracterização química e microscópica das ligninas dos resíduos agrícolas de milho e de soja expostas a degradação ruminal e seu efeito sobre a digestibilidade dos carboidratos estruturais. Belo Horizonte: Escola de Veterinária da UFMG, 1998. 126 p. (Tese de doutorado) – Universidade Federal de Minas Gerais, 1998.

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

SANTOS, E. D. G.; PAULINO, M. F.; QUEIROS, D. S. Avaliação de Pastagem Diferida de *Brachiaria decumbens* Stapf: 1. Características Químico-Bromatológicas da Forragem Durante a Seca, *Revista Brasileira de Zootecina*, v.33, n.1, p.203-213, 2004 a.

SANTOS, E. D. G.; PAULINO, M. F.; QUEIROS, D. S. Avaliação de Pastagem Diferida de *Brachiaria decumbens* Stapf: 2. Disponibilidade de Forragem e Desempenho Animal Durante a Seca, *Revista Brasileira de Zootecina*, v.33, n.1, p.214-224, 2004 b.

SANTOS, M. E. R.; FONSECA, D. M.; BALBINO, E. M. Capim-braquiária diferido e adubado com nitrogênio: produção e características da forragem, *Revista Brasileira de Zootecina*, v.38, n.4, p.650-656, 2009.

SAVIDAN, Y. H.; JANK, L.; PENTEADO, M. I. *Introdução, avaliação e melhoramento de plantas forrageiras tropicais no Brasil: novas propostas de modus operandi*. Campo Grande, EMBRAPA-CNPGC, 1985, 36p

SCHOFIELD, J. L. Mineral content and yield of grasses in the wet tropics as influenced by seasonal productivity frequency of cutting and species. *Queensland and Journal of Agricultural Science*. v.3, p. 44-79, 1946.

SILVA. R. R. *Poaceae (Gramineae) da ARIE – Santuário de Vida Silvestre do Riacho Fundo, Brasília: DF: Universidade de Brasília*. 2000. 187 p. Dissertação (Mestrado em Botânica). Universidade de Brasília, Brasília.

SOCORRO E. P. *Digestibilidade aparente e partição da digestão de fenos de Brachiaria decumbens STAPF*. 1984. p.77. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Escola de Veterinária, UFMG, Belo Horizonte.

SOUZA FILHO, A. P. S.; DUTRA, S.; SERRÃO, E. A. S. Produtividade estacional e composição química de *Brachiaria humidicola* e pastagem nativa de Campo Cerrado do Estado do Amapá, Brasil. *Pasturas tropicales*, v. 14, n. 1, p. 11 – 16, 1992.

STRITZLER ET AL., 1990 N.P. Stritzler, T.A. Hvelplund and J. Woelstrup, The influence of the position in the rumen on dry matter disappearance from nylon bags. *Acta Agric. Scand.*, 40 (1990), pp. 363–366

TEDESCHI, L. O., D. G. FOX, AND T. P. TYLUTKI. 2003. Potential environmental benefits of ionophores in ruminant diets. *J. Environ. Qual.* 32:1591-1602.

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.

TOMLIN, D.A.; ANDERSON, M.J.; HARRIS, L.G. Refinements in the in vivo bag technique. *Journal of Animal Science*. v.27, p.239, 1967

VAN HELLEN, R. W. AND W. C. ELLIS. Sample container porosities for rumen *in situ* studies. *J. Anita. Sci.* 44:141. 1977.

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. New York: Cornell University Press. 1994. 476p.

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

VAN SOEST, P.J. Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. *Journal of the Association of Official Agricultural Chemists*, v.46, p.829-835, 1963

WAGHORN, G. C. AND STAFFORD, K. J.. Gas production and nitrogen digestion by rumen microbes from deer and sheep. *New Zeal. J. Agr. Res.*36, 493-497. 1993

WEAST, R. C. : *Handbook of chemistry and physics*. Cleveland 1968.

WHITEMAN, P. C.; RIDZWAN HALIM, N.; NORTON, B. W.; HALES, J. W. Beef production from three tropical grasses in South-eastern Queensland. *Australian Journal Agriculture*, v. 25, n. 3, p. 481 – 488, 1985.

WEISS, W. P. CHAMBERLAIN, D. G.; HUNT, C. W. Feeding silages. In: *Silage Science and Technology*. Buxton, D. R.; Muck, R. E.; Harrison, J. H. (Eds.). American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, Soil Science of America. Madison, Wisconsin, 2003. 469-504 p.

ZIMMER, A. R.; EUCLIDES, V. P. B.; MACEDO, M. C. M. Manejo de plantas forrageiras do gênero *Brachiaria*. In: *SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGEM*. 1988. Piracicaba, *Anais do simpósio sobre manejo de pastagem*. Piracicaba: FEALQ, 1988. p. 141-183.



## CAPÍTULO 3 - EXPERIMENTO I

### **PARTIÇÃO DA ENERGIA E PRODUÇÃO DE METANO ENTÉRICO EM OVINOS ALIMENTADOS COM CAPIM *BRACHIARIA DECUMBENS* VERDE CORTADO EM TRÊS DIFERENTES IDADES**

#### **3.1 INTRODUÇÃO**

A energia é considerada fator limitante à vida e às funções produtivas e, portanto, sua determinação nos alimentos é importante para o perfeito atendimento das necessidades nutricionais (Cabral et al., 2006). A energia nos alimentos pode ser expressa como energia bruta (EB), energia digestível (ED) ou nutrientes digestíveis totais (NDT), 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. Entretanto, a energia perdida nas fezes representa a fração de maior valor e mais variável entre todas as perdas de um alimento, sendo essencial o conhecimento da ED ou do NDT (NRC, 2000; Weiss, 2003).

Estimativas acuradas da disponibilidade da energia contida nos alimentos são necessárias para formulação de dietas e estimação de valores nutricionais e econômico dos alimentos. O Brasil está avançando em suas pesquisas para se determinar as exigências nutricionais das diferentes raças e das diferentes sistemas de criação encontrados aqui, no entanto, ainda é muito comum o uso de tabelas americanas do National Research Council (NRC), cuja base de experimentação envolve somente animais taurinos, para balanceamento de dietas.

Logo, o conhecimento da composição bromatológica dos alimentos disponíveis no Brasil e das exigências nutricionais dos animais existentes, principalmente zebuínos, possibilita a adoção de medidas de manejo que resultem em maior eficiência alimentar e, conseqüentemente, econômica (Valadares Filho et al., 2006).

Conhecer os fatores que determinam a taxa de emissão de produtos poluidores é de extrema importância ao processo de redução dos impactos ambientais causados pelos sistemas de produção animal, além de aumentar a eficiência destes sistemas. A intensidade da emissão de metano proveniente da fermentação ruminal depende de diversos fatores, como o consumo de matéria seca, digestibilidade da dieta, proporção volumoso:concentrado, teor e degradabilidade da fibra. À medida que a planta avança em seu estado de maturação, há um espessamento de parede celular, com aumento dos teores de compostos de baixa digestibilidade e redução dos teores de proteína, resultando em queda de valor nutritivo e perda de eficiência durante a fermentação ruminal. Esta perda de eficiência pode resultar na perda de carbono do sistema em forma de CO<sub>2</sub> ou metano. Ainda não está completamente esclarecido o modo que a

maturidade fisiológica da planta afeta a produção de metano entérico, necessitando de estudos adicionais na área.

A avaliação de metano entérico ainda não é uma prática de rotina nos laboratórios de nutrição do Brasil. Existe muita discussão entre os métodos passíveis de serem utilizados e experimentos de comparação de metodologias ainda são importantes.

Objetivou-se com este experimento determinar a partição da energia e a produção de metano entérico por ovinos alimentados com capim *Brachiaria decumbens* verde, cortada em três diferentes idades.

### 3.2 MATERIAL E MÉTODOS

Foi utilizada uma área de *Brachiaria decumbens* já estabelecida na Fazenda Experimental Prof. Hélio Barbosa da Escola de Veterinária da UFMG, localizada em Igarapé-MG. Inicialmente, foi realizada análise de solo da área, assim como a correção e adubação. Foi feita a uniformização da área experimental com o uso de roçadeira mecânica. O capim foi cortado rente ao solo e picado aos 56, 84 e 112 dias de rebrota, os quais foram os tratamentos (T1 = 56 dias de rebrota; T2 84 dias de rebrota; T3 112 dias de rebrota). Após o corte, o capim foi imediatamente embalado em sacos de polietileno de 20 quilos e transportado para as dependências do Departamento de Zootecnia da Escola de Medicina Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, onde foram armazenados em câmara fria a -17°C.

O experimento com os animais foi conduzido no Laboratório de Metabolismo e Calorimetria Animal – LAMCA, do Departamento de Zootecnia da Escola de Medicina Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais, no período de junho de 2007 a janeiro de 2008.

Foram utilizados neste estudo quinze carneiros adultos, sadios, com peso médio de 37 kg. Os animais foram previamente vermifugados e alojados em gaiolas metabólicas, individuais, confeccionadas em cantoneira de ferro, e piso ripado de madeira, disposto de bebedouro e comedouro de aço inoxidável e saleiro de polietileno. Com altura do solo de 0,6 metros, nas dimensões 1,50 x 1,80 m, revestidas lateralmente com tela de malha fina para evitar a perda de fezes pelas laterais das gaiolas. As gaiolas eram confeccionadas de modo a permitir a para coleta de urina e fezes simultaneamente.

Antes de alimentar os animais o capim era completamente descongelado à sombra e em temperatura ambiente. Os tratamentos foram oferecidos em quantidade suficiente para que fossem obtidas aproximadamente 10% de sobras no cocho, caracterizando-se, dessa forma, a ingestão voluntária pelos animais. A água e a mistura mineral comercial foram fornecidas *ad libitum*.

Os animais foram sorteados aleatoriamente, no número de cinco para cada tratamento, passando então por um período inicial de adaptação às gaiolas e à alimentação de 21

dias. Após o período de adaptação os animais passaram por um experimento de consumo e digestibilidade aparente com cinco dias de coletas (Velasco, 2009). Durante o período de colheita de dados do experimento de consumo e digestibilidade aparente foram recolhidos cerca de seis quilos do material oferecido de cada tratamento para realização dos experimentos posteriores (Cinética de fermentação ruminal pela da técnica “in vitro” semi-automática de produção de gases e degradabilidade “in situ”). O material oferecido foi amostrado e armazenado em sacos plásticos devidamente identificados e foi congelado em câmara fria (-17°C) para posteriores análises. Durante o experimento de consumo e digestibilidade aparente foram avaliados a quantidade de fezes e urinas produzida, recolhidas amostras e congeladas para posteriores análises.

Cada amostra foi descongelada à temperatura ambiente, procedendo-se então o processo de pré-secagem a 55°C por 48 horas e, posteriormente, moídas, em moinho estacionário, com peneira de malha 1,0 mm. Foram executadas as análises de matéria seca em estufa a 105 °C – MS, proteína bruta – PB, extrato etéreo – EE, segundo OFFICIAL (1995), fibra em detergente neutro – FDN, fibra em detergente ácido – FDA, nitrogênio insolúvel em detergente neutro – NIDN, nitrogênio insolúvel em detergente ácido – NIDA (Van Soest, 1991; Goering e Van Soest, 1970) e energia bruta – EB, por combustão em bomba calorimétrica adiabática (OFFICIAL, 1995). As amostras de urina foram analisadas para determinação dos teores de energia bruta e nitrogênio total seguindo metodologias já mencionadas. A avaliação da digestibilidade aparente do capim *Brachiaria decumbens* foi determinado pela seguinte formula:

$$D.A = \frac{N.I (Kg) MS - N.F (kg) MS}{N.I (kg) MS} \times 100$$

Onde:

D.A = Digestibilidade Aparente

N.I = Nutriente Ingerido

N.F = Nutriente nas Fezes

Os valores de energia digestível (ED) foram obtidos pela diferença entre a EB dos alimentos consumidos e da produção fecal.

Após o experimento de consumo e digestibilidade aparente os animais foram transferidos individualmente para uma câmara respirométrica por um período de 24 horas para calcular a troca gasosa e a produção de calor, a fim de determinar da energia líquida da dieta.

Durante este período, o animal continuou recebendo a dieta experimental diretamente na câmara respirométrica, sendo que o consumo do alimento foi registrado pela diferença da quantidade oferecida e as sobras no cocho. Foi também mensurado o volume de urina produzido. Após o período de experimentação com os animais alimentados, todos os animais passaram novamente na câmara respirométrica por um período de 24 horas,

porém desta vez em jejum alimentar prévio de 48 horas, para caracterizar estado pós absorptivo, obtendo-se assim os valores basais de produção de calor.

O ar atmosférico entra na câmara em um fluxo constante em relação ao peso do animal, sendo esta relação a de um litro por quilo de peso vivo por minuto e é misturado ao ar expirado pelo animal, sendo coletadas amostras a cada 5 minutos para a determinação das concentrações de oxigênio (O<sub>2</sub>), dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) e metano (CH<sub>4</sub>), de acordo com metodologia proposta por Chwalibog (2004).

Dos valores de produção de calor e troca gasosas observadas para o animal alimentado foram descontados os valores observados para o animal em jejum. Para o procedimento de calorimetria indireta foi utilizada a metodologia descrita por Rodriguez et al., (2007), sendo o cálculo de produção de calor de acordo com a equação de Brouwer (1965):

$$H_{(kJ)} = 16,18 \times O_{2(L)} + 5,02 \times CO_{2(L)} - 2,17 \times CH_{4(L)} - 5,88 N_{urina(gr)}$$

Onde:

H = produção de calor

N<sub>urina</sub> = o nitrogênio urinário

Para a transformação dos dados em calorias, utilizou-se como referência os valores de 1 joule corresponde a 0,239 calorias.

O coeficiente de metabolizabilidade da energia bruta (q<sub>m</sub>) foi obtido a partir da seguinte fórmula:

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

Onde,

CEM = Consumo de energia metabolizável (Kcal/dia)

CEB = Consumo de energia bruta (K/dia)

O coeficiente de eficiência de utilização da energia metabolizável (k<sub>m</sub>) foi obtido à partir da seguinte fórmula:

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

Onde,

EL = Teor de energia líquida (Kcal/g MS)

EM = Teor de energia metabolizável (Kcal/g MS)

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com três tratamentos e cinco repetições, utilizando-se o seguinte modelo estatístico:

$$Y_{jk} = \mu + G_j + e_{jk}$$

Onde,

$Y_{jk}$  = observação “k” na idade de corte “j”;

$\mu$  = média geral;

$G_j$  = efeito da idade ao corte “j” (j = 1, 2, 3);

$E_{jk}$  = erro experimental.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância utilizando-se o pacote estatístico SAEG (Euclides, 2005) e as médias comparadas pelo teste SNK ao nível de 5% de probabilidade ( $P < 0,05$ ). A decomposição da análise de variância seguiu o esquema apresentado na tabela 1.

Tabela 1. Análise de variância para o delineamento inteiramente casualizado.

Fontes de Variação	gl.
Total	14
Idades de Corte (tratamentos)	2
Erro	12

### 3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.3.1 Composição química do capim *Brachiaria decumbens*

Os teores de matéria seca encontrados foram de 26,34%, 42,03% e 37,38% para as idades de 56, 84 e 112 dias respectivamente (Tabela 2). Ocorreu redução dos teores de matéria seca do capim cortado as 112 dias em relação ao capim cortado aos 84 dias. Isso foi devido provavelmente a um alto volume de chuva dias antes de ocorrer o corte do capim aos 112 dias. Avaliando a qualidade da *Brachiaria decumbens* atacada por cigarrinhas, Valerio et al (1993) relataram valores de matéria seca variando entre 30,5% a 39,7% em pastagens em Campo Grande, MS. Costa et al (2007) avaliando o efeito da idade sobre a composição químico-bromatológica da *Brachiaria brizantha* nas idades de corte de 15, 20, 30 e 60 dias, observaram que os teores de matéria seca variaram entre 16,0 a 26%, valores inferiores ao encontrado neste experimento. A planta, quando nova, apresenta altos teores de água, quanto mais próximo da sua maturidade esse teor é reduzido e ocorre um aumento nos teores de MS. De acordo com Drudi & Favoretto (1987) à medida que prolonga o intervalo de cortes, o teor de matéria seca de forragem tende a aumentar.

Os valores de porcentagem de cinzas variaram de 6,83 a 5,57% entre as idades de 56 a 112 dias. Santos et al (2004a) em estudo realizado em Felixlândia, MG, avaliando a

composições químico-bromatológicas da *Brachiaria decumbens* em piquetes vedados no início da estação seca, observaram que a composição de cinzas variou pouco, apresentando valores entre 6,1% a 5,4% entre julho a agosto. Moraes et al (2005) encontraram valores médios para o teor de cinzas de 6,9% em pastagem diferida de *B. decumbens* durante o período seco. Os valores da literatura foram semelhantes aos encontrados neste experimento.

Tabela 2. Valores de matéria seca (MS), cinzas, proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), hemiceluloses (HEM), celulose (CEL), lignina (Lig) e extrato etéreo (EE) em porcentagem da MS, compostos nitrogenados insolúveis em detergente neutro (NIDN/N) e compostos nitrogenados insolúveis em detergente ácido (NIDA/N) em porcentagem sobre o teor de nitrogênio total, digestibilidade “*in vitro*” da matéria seca (DIVMS) (%), e valores de energia bruta (Mcal/kg) da *Brachiaria decumbens* verde cortada aos 56, 84 e 112 dias

Idade (dias)	56	84	112
MS	26,34	42,03	37,38
Cinzas	6,83	6,39	5,57
PB	7,69	4,75	4,75
FDN	68,95	72,63	72,18
FDA	38,07	39,9	39,27
HEM	30,87	32,73	32,91
CEL	34,76	34,71	33,43
Lig	3,32	5,19	5,84
EE	2,81	2,7	2,86
NIDN/N	32,59	44,84	43,26
NIDA/N	18,89	23,18	25,63
DIVMS	63,30	56,40	54,20
EB (Mcal/kg)	4,06	4,09	4,11

As concentrações de proteína bruta do capim *B. decumbens* variaram de 7,69% para 56 dias de idade de corte a 4,75% para 84 e 112 dias. Valores semelhantes ao de Queiros Filho et al (1986) para *Brachiaria humidicola*, de 9,2% e 4,8% para 40 e 120 dias de rebrote respectivamente. Esse efeito de redução do teor de proteína bruta é devido principalmente ao aumento da relação haste/folha à medida que ocorre a maturação da gramínea, com conseqüente redução nos teores de proteína. Macedo (1982) em sua tese de mestrado observou esse aumento da relação haste/folha, principalmente a partir dos 84 dias de rebrota da *Brachiaria decumbens*. Os valores de proteína bruta dos cortes com 84 e 112, abaixo de 6% podem afetar a fermentação ruminal, devido à redução da atividade microbiana causada pela deficiência de nitrogênio, podendo também afetar o consumo voluntário e o coeficiente de digestibilidade da forrageira, segundo preconizado por Minson (1990) e Van Soest (1994).

Os valores de FDN variaram de 68,95% para a *Brachiaria decumbens* cortada aos 56 dias até 72,63% para a planta cortada aos 84 dias. Paciullo et al (2001) encontraram valores semelhantes de FDN para a *Brachiaria decumbens*, de 76,00%, quando estudaram a composição bromatológica de diversas gramíneas tropicais plantadas em canteiros experimentais durante o período de verão e outono. Santos et al., (2004b) avaliaram a composição química da *Brachiaria decumbens* sob pastejo diferido durante o período seco, em pastagem vedada durante dezembro, em Minas Gerais, e encontraram valores de FDN entre 72,3% a 74,7%. Já os valores de FDA variaram pouco e ficaram em torno de 40,0%, estando próximos aos relatados por Johnson e Pezo (1975) quando estudaram a composição química de diversas gramíneas tropicais e subtropicais cultivadas no Peru, quando encontraram teores de FDA variando entre 38,0% a 47,0% para *Brachiaria decumbens* entre as idades de 14 a 112 dias. Segundo os autores, com o avançar da idade da planta há aumento nos valores de FDA encontrados. Os teores de lignina variaram de 3,32% a 5,84% e foram abaixo dos valores encontrados por Johnson e Pezo (1975) que variaram de 5,2% a 6,2% para 56 e 112 dias respectivamente.

Os teores de hemiceluloses ficaram em torno de 32,1%, apresentando pouca variação. Reis et al (2001) avaliando as alterações na composição química e do feno de *Brachiaria decumbens* colhido após o florescimento, relataram valores de hemiceluloses de 33,4% em média, valores semelhantes aos encontrados neste experimento. Johnson e Pezo (1975) relataram valores semelhantes de hemiceluloses, variando entre 29,0% a 35,0% para as idades de 14 a 112 dias. Foram encontrados valores de celulose entre 33,43% e 34,76%. Valores semelhantes foram encontrados por Johnson e Pezo (1975) de 36,0% a 38,0% para as idades de 56 e 112 dias respectivamente.

As concentrações de extrato etéreo ficaram entre 2,7% e 2,8% para as idades de corte da planta estudada. Santos et al (2004a) relataram valores de extrato etéreo de 1,38% para pastagem diferida de *B. decumbens* durante o período seco. Os principais componentes do extrato etéreo de plantas são pigmentos, ceras, glicolípides e fosfolípides de membrana.

Os valores de digestibilidade “*in vitro*” da matéria seca da *Brachiaria decumbens* para as idades de corte estudadas variaram de 63,3% a 54,2% respectivamente para as idades de 56 e 112 dias. Santos et al (2001a) apresentaram valores médios de 62,14% de digestibilidade para a *B. decumbens*. Paciullo et al (2001) observaram valores de DIVMS para a *B. decumbens* sob sombreamento de 53,2%. Os valores de digestibilidade “*in vitro*” da matéria seca tendem a diminuir com o avançar da maturidade da planta, pelo aumento da relação haste/folha, e por aumento na deposição de compostos lignificados na parede celular da planta, criando um efeito de barreira contra o ataque de enzimas bacterianas no rúmen, Freer et al. (2002). Socorro (1984) relatou valores de energia bruta de 4,13 Mcal/kg para o feno de *Brachiaria decumbens* cortado aos 90 e 134 dias, valores semelhantes aos obtidos neste experimento.

Foram encontrados valores de NIDN/N variando de 32,59% a 44,84% para as idades de 56 e 84 dias da *Brachiaria decumbens* e de NIDA/N variando entre 18,89% e 25,63% entre as idades de 56 e 112 dias respectivamente. Valores semelhantes foram encontrados por Gobbi et al (2005) para NIDN/N e NIDA/N de 48,8% e 24,8% respectivamente, quando estudaram a composição química do feno de *Brachiaria decumbens* tratado ou não com uréia após o estágio de florescimento. A fração NIDN corresponde a compostos nitrogenados ligados a parede celular, apresentando assim uma taxa de degradação mais lenta no rúmen, enquanto a fração NIDA corresponde a compostos nitrogenados associados a ligninas, taninos e à produtos da reação de Maillard, sendo altamente resistentes a degradação por enzimas microbianas (Sniffen et al, 1992).

### 3.3.2 Consumo de energia

A tabela 3 apresenta os valores de consumo médio de matéria seca em gramas por unidade de tamanho metabólico, consumo de energia bruta, consumo de energia digestível, consumo de energia metabolizável e consumo de energia líquida em kcal por unidade de tamanho metabólico, por ovinos alimentados com capim *Brachiaria decumbens* verde cortada em três diferentes idades (56, 84 e 112 dias).

Não houve diferença estatística ( $P>0,05$ ) para consumo de matéria seca por unidade de tamanho metabólico entre as idades de corte, variando entre 67,73 a 74,79 g/UTM/dia. Trujillo et al., (1986) na Colômbia, estudaram o valor nutritivo da *Brachiaria decumbens* verde, cortada nas idades de 30, 45, 60 e 75 dias e observaram valores de consumo voluntário de matéria seca variando entre 76,3 g/UTM/dia para a gramínea cortada na idade de 30 dias até 54,1g/UTM/para para o corte realizado aos 75 dias de rebrote. Socorro (1984) avaliou o consumo voluntario do feno da *Brachiaria decumbens* cortado em duas diferentes idades de rebrote, aos 90 e 134 dias e relatou valores de 44,97 g/UTM/dia e 49,01 g/UTM/dia, para os tratamentos com 90 e 134 dias respectivamente, valores abaixo dos encontrados neste experimento. Santos et al., (2004c) estudando comportamento de bovinos em pastagem diferida de *Brachiaria decumbens*, durante o inverno, no município de Felixlândia, MG, relataram valores médios para consumo 57,7 g/UTM/dia. Narciso Sobrinho et al. (1998c) relataram valores de CMSPM em ovinos de 32,02 g/kg<sup>0,75</sup> a 36,17 g/kg<sup>0,75</sup> para a silagem de capim Elefante emurchecido e cortada nas respectivas idades de 84 dias e 56 dias, valores inferiores ao apresentado neste trabalho. Sarwatt et al. (1989) observaram valores de CMSPM em ovinos de 53,5 g/kg<sup>0,75</sup> a 71,5 g/kg<sup>0,75</sup> para silagem de capim *Panicum maximum*. Segundo Van Soest (1994) ao se tratar de alimentos volumosos, os teores de frações fibrosas são mais importantes na regulação do consumo voluntário do que o teor energético do alimento.

Os valores de consumo de energia bruta observados neste experimento não apresentaram diferença ( $P>0,05$ ) variando de 219,04 a 302,19 kcal/kg<sup>0,75</sup>. Castro (2008) relata valores de consumo de energia bruta por unidade de tamanho metabólico variando de 315,86 a 261,81 Kcal//UTM/dia para silagem de capim Tanzânia em idades de corte

entre 42 e 107 dias. A semelhança estatística entre os consumo de energia bruta se deve ao fato dos tratamentos não apresentarem diferenças entre seus valores de energia bruta e de consumo de matéria seca, como apresentados pelas tabelas 2 e 3 respectivamente.

Os animais alimentados com o capim *Brachiaria decumbens* verde cortado aos 56 dias apresentaram maiores valores de consumo de energia digestível (198,32 Kcal/kg<sup>0,75</sup>) (P<0,05), enquanto os outros tratamentos não apresentaram diferença entre si (P>0,05) com valores variando de 167,69 a 170,22 Kcal/kg<sup>0,75</sup>. Teixeira et al., (2008) relataram valores de consumo de energia digestível para ovinos alimentados com capim *Panicum maximum* de 128,50 Kcal/UTM/dia a 146,18 Kcal/UTM/dia, valores inferiores os encontrados neste experimento. Cayo (2010) não encontrou diferença estatística para consumo de energia digestível em ovinos alimentados com feno de capim andropogon cortados entre 56 e 112 dias de rebrota, com valores variando entre 125,3 e 182,0 Kcal/kg<sup>0,75</sup>. O consumo de energia digestível de um alimento não depende apenas do consumo de matéria seca e da densidade energética deste, mas também da extensão de sua degradação no trato gastrointestinal do animal e da perda fecal de nutrientes. A medida que a planta avança amadurece há uma perda de conteúdo celular de alta digestibilidade, e um aumento dos teores de frações fibrosas de parede celular, o que pode aumentar a perda fecal de nutrientes.

Tabela 3. Valores médios de consumo de matéria seca (CMS) gramas/kg<sup>0,75</sup>, consumo de energia bruta (CEB), consumo de energia digestível (CED), consumo de energia metabolizável (CEM) e consumo de energia líquida (CEL) em Kcal/kg<sup>0,75</sup> do capim *Brachiaria decumbens* verde cortado aos 56, 84 e 112 dias de crescimento.

Tratamento	Parâmetros				
	CMS	CEB	CED	CEM	CEL
T1	74,79	302,19	198,32A	174,75A	131,81
T2	67,73	279,04	167,69B	154,15B	118,98
T3	71,25	294,20	170,22B	152,41B	122,30
CV	14,75	14,65	12,09	12,32	22,69

Médias seguidas por letras maiúsculas diferentes na mesma coluna apresentam diferença estatística entre os tratamentos pelo teste SNK (P<0,05). CV = Coeficiente de variação.

O consumo de energia metabolizável entre os tratamentos foi superior (P<0,05) para os animais alimentados com o capim *Brachiaria decumbens* cortado aos 56 dias (174,75 Kcal/kg<sup>0,75</sup>), enquanto os outros tratamentos não diferiram entre si (P>0,05). Teixeira et al., (2008) apresentaram valores para consumo de energia metabolizável para ovinos alimentados com capim *Panicum maximum* variando 119,4 a 121,77 Kcal/kg<sup>0,75</sup>, valores inferiores aos obtidos neste experimento. Gonçalves et al., (2011) encontraram valores para consumo de energia metabolizável variando de 91,45 a 108,33 Kcal/kg<sup>0,75</sup>, para ovinos alimentados com silagens de capim *Andropogon gayanus*, valores inferiores aos deste trabalho.

Com relação ao consumo de energia líquida, não houve diferença estatística entre os três tratamentos avaliados ( $P>0,05$ ), apresentando valor médio de  $124,36 \text{ Kcal/kg}^{0,75}$ . Castro (2008) observou valores de consumo de energia líquida de  $77,92 \text{ Kcal/kg}^{0,75}$ , para silagens de capim Tanzânia cortado os 63 dias e  $95,40 \text{ Kcal/kg}^{0,75}$ , quando cortado aos 107 dias. Valores inferiores ao deste experimento. Ribas (2010) estudando o valor energético de híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) obteve consumo de energia líquida médio de  $149,84 \text{ Kcal/kg}^{0,75}$ , superior aos obtidos neste trabalho.

Segundo Machado (2010) à medida que as perdas de energia durante o processo digestivo dos nutrientes do alimento vão sendo considerados, a quantidade de energia disponível passa a depender não apenas da quantidade total consumida, mas também da eficiência do fluxo de energia no animal.

### 3.3.3 Perdas de energia.

A tabela 4 apresenta os valores médios de perda diária de energia nas fezes, na urina, no metano e na forma de incremento calórico, em Kcal por kg de unidade de tamanho metabólico e como porcentagem da energia bruta ingerida do capim *Brachiaria decumbens* verde em três diferentes idades. Em relação às fezes em Kcal por kg de unidade de tamanho, não houve diferença estatística entre os tratamentos ( $P>0,05$ ), apresentando valor médio de  $113,06 \text{ Kcal/kg}^{0,75}$ . Porém quando as perdas energéticas fecais são observadas em porcentagem da energia bruta consumida o tratamento cortado aos 56 dias apresenta menor valor de perdas ( $P<0,05$ ) através das fezes com 34,00%, se comparado ao tratamento cortado aos 112 dias, com 41,98%. O tratamento cortado aos 84 dias apresentou semelhança com os todos os outros ( $P>0,05$ ), com uma perda fecal de energia de 39,83%.

Tabela 4. Valores médios de perda diária de energia nas fezes, na urina, no metano e na forma de incremento calórico, em Kcal por kg de unidade de tamanho metabólico (Kcal/UTM) e como porcentagem da energia bruta ingerida (%EB) do capim *Brachiaria decumbens* verde em três diferentes idades (56, 84 e 112 dias)

Tratamento	Parâmetros							
	Fezes		Urina		Metano		Incremento Calórico	
	kcal/UTM	% EB	kcal/UTM	% EB	kcal/UTM	% EB	kcal/UTM	% EB
T1	103,87	34,00A	5,54A	1,66A	18,58	6,20A	42,94	14,84%
T2	111,35	39,83AB	1,85B	0,77B	11,35	4,06B	35,17	12,35%
T3	123,97	41,98B	1,50B	0,50B	16,32	5,57AB	30,11	10,71%
CV	21,14	9,50	37,89	30,96	17,79	14,15	41,58	47,25

Médias seguidas por letras maiúsculas diferentes na mesma coluna apresentam diferença estatística entre os tratamentos pelo teste SNK ( $P<0,05$ ). CV = Coeficiente de variação

A perda maior de nutriente pelas fezes com o avançar da maturação da forrageira se dá pela menor degradabilidade ruminal dos constituintes fibrosos, principalmente celulose e hemiceluloses associadas à lignina. Segundo Van Soest (1994) maiores perdas fecais

estão associadas a maiores consumos de carboidratos não fibrosos, enquanto perdas maiores se relacionam a maiores consumos de frações fibrosas. Machado (2010) relatou perdas fecais médias de 99,36 Kcal/kg<sup>0,75</sup> em ovinos alimentados com silagens de sorgo, valor inferior ao deste experimento. Ribeiro Junior et al., (2011) relataram valores de perdas energéticas através das fezes médios de 50,64% em relação à energia bruta ingerida de ovinos alimentados com silagens de capim *Andropogon gayanus*, valor superior ao deste estudo.

Para as perdas na forma de urina, os valores foram maiores para o tratamento com 56 dias ( $P < 0,05$ ), se comparado aos demais, que por sua vez não apresentaram diferenças ( $P > 0,05$ ), tanto para energia em Kcal por kg de unidade de tamanho metabólico quanto em porcentagem da energia bruta ingerida. O tratamento 1 apresentou valores de perda de energia na urina de 5,54 Kcal/kg<sup>0,75</sup> e 1,66% e os tratamentos 2 e 3 apresentaram valores médios de 1,67 Kcal/kg<sup>0,75</sup> e de percentuais de energia bruta de 0,63%. Machado (2010) apresentou valores médios de 3,415 Kcal/kg<sup>0,75</sup> e de percentuais de energia bruta de 1,52 % da EB ingerida. Segundo Blaxter e Wainman (1964) o valor de perda energética na forma de urina não deve ultrapassar 5%. A maior perda de energia na forma de urina no tratamento um pode indicar uma menor eficiência de utilização do nitrogênio pelo animal. Segundo a tabela 2 o capim cortado aos 56 dias apresentou valor superior de proteína bruta (7,69%) se comparado aos outros dois cortes, aos 84 e 112 dias (4,75%). Este maior volume de nitrogênio absorvido pode ter sido transformado em uréia no fígado, pelo ciclo da uréia, resultando em um custo energético maior. Segundo Van Soest (1994) o custo energético para a transformação de amônia em uréia é de 12 kcal/grama de nitrogênio.

Quanto às perdas energéticas na forma de metano, não houve diferença estatística ( $P > 0,05$ ) entre os tratamentos quando foi comparada a perda de energia na forma de metano em Kcal por unidade de tamanho metabólico apresentando valor médio de 15,42 Kcal/kg<sup>0,75</sup>. Porém ao avaliar as perdas em relação à energia bruta consumida o tratamento 1 apresentou maior perda ( $P < 0,05$ ) com 6,2%. O tratamento dois apresentou o menor valor com 4,06%. O tratamento três não apresentou diferença estatística entre os três tratamentos. O metano é produzido principalmente quando o substrato fermentado dá origem a acetato e butirato (Sarward et al., 1992; Getachew et al., 1998), sendo que as frações fibrosas da dieta têm o maior potencial de produção de acetato se comparado a carboidratos não fibrosos (Moss, 1994). Machado (2010) relatou valores de perdas na forma de metano de 7,27 a 12,95 Kcal/kg<sup>0,75</sup>, valores superiores aos deste estudo. Ribeiro Junior et al., (2011) relataram valores de perda energética na forma de metano de 3,1% a 3,6% em relação a energia bruta ingerida, em ovinos alimentados com silagem de capim *Andropogon*, valores que são inferiores aos encontrados neste experimento.

À medida que a maturidade da planta é atingida há uma redução da degradabilidade da parede resultado da incorporação de compostos de baixa degradabilidade, como a lignina, podendo levar a diminuição da produção de metano em comparação a uma

planta mais nova. Velasco et al., (2011) relatou a queda da digestibilidade da FDN e da FDA com o avanço da maturidade do capim *Brachiaria decumbens*.

Para as perdas de energia na forma de incremento calórico, foram observados valores entre 30,11 a 42,84 Kcal/kg<sup>0,75</sup>, para o capim *Brachiaria decumbens* cortado aos 112 e 56 dias respectivamente, o que corresponde a 10,71% a 14,84% da energia bruta consumida. Não houve diferença estatística ( $P>0,05$ ) entre os tratamentos avaliados, porém os coeficientes de variação dos parâmetros avaliados podem ser considerados elevados (CV = 41,48% e 47,25% em Kcal por kg de unidade de tamanho metabólico e como porcentagem da energia bruta ingerida respectivamente), o que pode ter influenciado no resultado da análise estatística. Ribeiro Junior et al., (2011) observaram valores médios da perda de energia na forma de incremento calórico de 19,41 Kcal/kg<sup>0,75</sup>, o que corresponde a 8,06% da energia bruta ingerida, resultados inferiores aos encontrados neste estudo.

O incremento calórico corresponde ao aumento da produção de calor decorrente do consumo do alimento (Machado, 2010). O aumento do consumo e da digestibilidade do alimento pode elevar os valores de incremento calórico. A maior capacidade de degradação da parede celular em plantas mais novas podem resultar no aumento da perda de energia na forma de incremento calórico em relação a energia bruta ingerida se comparada a plantas mais velhas.

### 3.3.4 Eficiência de utilização da energia

Na tabela 5 estão apresentados os valores de digestibilidade aparente da energia bruta (DAEB), metabolizabilidade ( $q_m$ ), eficiência de uso da energia metabolizável para manutenção ( $K_m$ ) e razão entre energia líquida e energia bruta, em porcentagem, do capim *Brachiaria decumbens* verde em três diferentes idades.

Houve influência do estágio de maturação da planta sobre a digestibilidade da energia bruta. A planta cortada aos 56 dias apresentou valores de digestibilidade de 66,00%, sendo superior ( $P<0,05$ ) aos demais tratamentos, que não apresentaram variação ( $P>0,05$ ), com valor médio de 59,09%. Socorro (1984) relatou em seu trabalho valores de digestibilidade aparente do feno de *B. decumbens* variando de 49,60% e 48,01% para cortes realizados com 90 e 134 dias de rebrote, valores inferiores aos encontrados neste experimento. Castro (2008) também observou redução da digestibilidade da energia bruta das silagens de capim Tanzânia com o avançar da idade da planta. O autor relatou valores de 59,7% a 44,5% para as silagens confeccionadas com a planta ceifada aos 42 e 107 dias respectivamente. Segundo Van Soest (1994) o aumento da idade da planta resulta em queda da digestibilidade da energia pelo aumento dos teores de parede celular e de compostos de baixa degradabilidade ruminal.

Com relação aos dados de metabolizabilidade ( $q_m$ ), a variação observada situou-se entre 0,42 e 0,58, sendo que não houve diferença estatística entre os tratamentos ( $P>0,05$ ). Castro (2008) relatou valor médio de  $q_m$  para silagens de capim Tanzânia de 0,45.

Machado (2010) e Ribas (2010) relataram valores de 0,46 e 0,62 respectivamente, avaliando diferentes híbridos de sorgo. A metabolizabilidade da dieta é a relação entre a energia metabolizável e a energia bruta, estando diretamente correlacionadas às perdas na forma de fezes, urina e metano. Os animais que receberam o capim *Brachiaria decumbens* cortados aos 84 e 112 dias apresentaram as maiores perdas fecais de energia se comparado ao tratamento cortado aos 56 dias, porém essa maior perda fecal foi de certa forma compensada pelas menores perdas na forma urinária e produção de metano (Tabela 4).

Tabela 5. Valores médios de digestibilidade aparente da energia bruta em percentagem (DAEB), em percentagem, metabolizabilidade ( $q_m$ ), eficiência de uso da energia metabolizável para manutenção ( $K_m$ ) e razão entre energia líquida e energia bruta, em percentagem, do capim *Brachiaria decumbens* verde cortado aos 56, 84 e 112 dias de crescimento.

Tratamento	Parâmetros			
	DAEB	$q_m$	$k_m$	EL(%EB)
T1	66,00A	0,58	0,75	43,30
T2	60,17B	0,55	0,78	42,99
T3	58,02B	0,52	0,79	41,24
CV	6,02	7,18	13,39	14,72

Médias seguidas por letras maiúsculas diferentes na mesma coluna apresentam diferença estatística entre os tratamentos pelo teste SNK ( $P < 0,05$ ). CV = Coeficiente de variação

Para os valores de eficiência parcial de uso da energia metabolizável para manutenção ( $k_m$ ), os valores oscilaram entre 0,75 e 0,79, não apresentando diferença estatística entre os tratamentos ( $P > 0,05$ ). Castro (2008) relatou valores de  $K_m$  para silagens de capim Tanzânia inferiores aos deste experimento, com variação entre 0,57 para o capim cortado aos 63 dias e 0,74 para o corte aos 107 dias. Ribas (2010) e Machado (2010) estudando diferentes híbridos de sorgo encontraram valores variando entre 0,57 a 0,69 e 0,53 a 0,78 respectivamente. 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. Neste estudo não houve diferença entre os valores de incremento calórico dos tratamentos avaliados, refletindo também no  $K_m$  dos tratamentos.

Os valores de energia líquida, como percentagem da energia bruta ingerida, variaram de 41,24% e 43,3% entre os tratamentos, não apresentando diferença estatística. 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 silagens de sorgo encontrou valores de relação entre energia líquida e energia bruta variando entre 22,58% e 40,12%, valores inferiores aos deste experimento.

### 3.3.5 Teores de energia

Na tabela 6 aparecem os valores médios de energia bruta, energia digestível, de energia metabolizável e de energia líquida, em Mcal por Kg de matéria seca consumida (Mcal/ Kg de MS) do capim *Brachiaria decumbens* verde em três diferentes idades.

Os teores de energia bruta do capim *Brachiaria decumbens* verde dos tratamentos variaram entre 4,04 a 4,13 Mcal/ Kg de MS. Valadares et al., (2006) apresentaram valores de energia bruta do capim *Brachiaria decumbens* de 4,68 Mcal/ Kg de MS e de capim *Brachiaria brizantha* de 3,86 Mcal/ Kg de MS. Gonçalves et al., (2011) estudando os teores de energia das silagens de capim *Andropogon gayanus* em diferentes idades também não encontraram variação dos teores de energia bruta entre as silagens confeccionadas aos 56, 84 e 112 dias de rebrote, com valor médio de 4,45 Mcal/ Kg de MS, valores superiores aos encontrados neste experimento. Segundo Lawrence e Fowler, (2002) a combustão completa em bomba calorimétrica das frações fibrosas de uma forrageira é capaz de gerar em torno de 4,2 Mcal/kg.

Os teores de energia digestível do capim *Brachiaria decumbens* variaram de 2,67 a 2,40 Mcal/ Kg de MS, não apresentando diferença estatística entre os tratamentos ( $P>0,05$ ). Socorro (1984) relatou em seu trabalho valores de digestibilidade aparente do feno de *B. decumbens* variando de 49,6 e 48,01% para cortes realizados com 90 e 134 dias de rebrote e de conteúdo de energia digestível de 1,93 Kcal/gMS para corte aos 90 dias e de 1,62 Kcal/gMS para corte aos 134 dias respectivamente. Teixeira et al (2008) relataram valores de consumo de energia digestível de 2,93 Kcal/gMS para silagem de capim *Brachiaria brizantha* cortada os 56 dias de idade, valores superiores aos encontrados no presente trabalho. Gonçalves et al., (2011) relataram valores de energia digestível das silagens de capim *andropogon* variando de 2,63 a 1,93 Mcal/ Kg de MS. Os valores de energia metabolizável apresentaram comportamento semelhante aos dos teores de energia digestível do capim *Brachiaria decumbens*, não havendo diferença estatística entre os tratamentos ( $P>0,05$ ), com variação de 2,67 a 2,10 Mcal/ Kg de MS para as idades de corte de 56 e 112 dias respectivamente.

Tabela 6. 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) do capim *Brachiaria decumbens* verde em três diferentes idades (56, 84 e 112 dias)

Tratamento	Parâmetros			
	EB	ED	EM	EL
T1	4,04	2,67	2,35	1,75
T2	4,12	2,48	2,28	1,77
T3	4,13	2,40	2,15	1,70
CV	14,72	6,07	10,26	14,77

Médias seguidas por letras maiúsculas diferentes na mesma coluna apresentam diferença estatística entre os tratamentos pelo teste SNK ( $P < 0,05$ ). CV = Coeficiente de variação.

Com relação aos valores de energia líquida foram encontrados valores entre 1,70 a 1,77 Mcal/ Kg de MS, não havendo diferença estatística entre eles ( $P > 0,05$ ). Castro (2008) relatou valores de energia líquida das silagens de capim Tanzânia variando entre 1,10 a 1,50 Mcal/ Kg de MS para as idades de 63 e 84 dias respectivamente, valores inferiores aos deste experimento. Gonçalves et al., (2011) encontraram valores de energia líquida da silagem de capim andropogon cortado aos 56 dias de 1,93 Mcal/ Kg de MS, valor superior aos encontrados neste estudo. Neste experimento, aparentemente o estágio de maturação não afetou os valores de energia líquida do capim *Brachiaria decumbens* verde. Este fato se deu provavelmente pelas maiores perdas de eficiência energética do capim mais novo na forma de urina e de produção de metano (tabela 3) e possivelmente de incremento calórico (apesar da semelhança estatística).

### 3.3.6 Respirometria

Na tabela 7 estão apresentados os dados de trocas gasosas mensurados em câmara respirométrica, a produção de calor e o coeficiente respiratório em ovinos alimentados com capim *Brachiaria decumbens* verde cortados em diferentes idades.

Não houve diferença estatística ( $P > 0,05$ ) para o consumo de oxigênio (litros/kg<sup>0,75</sup>) e para produção de dióxido de carbono (litros/kg<sup>0,75</sup>) de carneiros alimentados com capim *Brachiaria decumbens* verde nas diferentes idades avaliadas. Os valores de consumo de oxigênio e produção de dióxido de carbono médios foram de 20,91 e 20,98 litros/kg<sup>0,75</sup> respectivamente. Avaliando a produção CO<sub>2</sub> e o consumo de O<sub>2</sub> por ovinos alimentados com silagens de, Teixeira et al., (2011a) sorgo relataram valores de médios de 21,90 e 21,96 litros/kg<sup>0,75</sup> respectivamente. Teixeira et al., (2011b) avaliando os mesmos parâmetros em ovinos alimentados com capim elefante cortado em diferentes idades observaram valores de consumo de O<sub>2</sub> médio de 21,8 litros/kg<sup>0,75</sup> e de produção de CO<sub>2</sub> de 21,38 litros/kg<sup>0,75</sup>.

Houve efeito da idade de corte sobre a produção de metano em ovinos alimentados com capim *Brachiaria decumbens* verde cortado em diferentes idades ( $P < 0,05$ ). Os animais que receberam capim *Brachiaria decumbens* cortado aos 56 dias apresentaram maior produção de metano (1,97 litros/kg<sup>0,75</sup>) se comparados aos que receberam o capim cortado aos 84 dias (1,20 litros/kg<sup>0,75</sup>) ( $P < 0,05$ ). Por sua vez os animais que receberam a forrageira cortada aos 112 dias apresentaram valores semelhantes aos animais que receberam o material cortado aos 56 e 84 dias (1,70 litros/kg<sup>0,75</sup>). Teixeira et al., (2011b) relataram valores de produção de metano diário variando de 1,18 a 2,13 litros/kg<sup>0,75</sup> para ovinos alimentados com capim elefante, valores semelhantes aos encontrados neste estudo.

A produção de calor diária pelos ovinos não foi estatisticamente diferente ( $P>0,05$ ) entre os tratamentos em  $\text{kcal/kg}^{0,75}$ , apresentando valor médio de  $105,5 \text{ kcal/kg}^{0,75}$ . Resultado semelhante foi reportado por Teixeira et al., (2011b) estudando a produção de calor em ovinos alimentados com capim elefante, com  $108,2 \text{ kcal/kg}^{0,75}$ . Essa produção de calor é resultante principalmente dos processos fermentativos dos nutrientes no rúmen e seus metabolismos no organismo animal, além da movimentação da digesta no trato gastrointestinal. O balanço de energia dos ovinos alimentados com capim *Brachiaria decumbens* foi positivo, sendo em média  $54,73 \text{ kcal/kg}^{0,75}$ . Resultado semelhante foi encontrado por Castro (2008) avaliando o balanço de energia em ovinos alimentados com capim Tanzânia, de  $54,25 \text{ kcal/kg}^{0,75}$ .

Os valores dos coeficientes respiratórios encontrados neste experimento foi em média 1,01, não apresentando diferenças estatísticas entre os tratamentos ( $P>0,05$ ). Castro (2008) relatou valores de CR para ovinos alimentados com silagens de capim Tanzânia entre 1,03 e 1,04, semelhantes a este estudo. Ribas (2010) estudando respirometria de ovinos alimentados com híbridos de sorgo encontrou valores de CR entre 0,9 e 1,0. O coeficiente respiratório é a relação entre o consumo de oxigênio e produção de dióxido de carbono durante o metabolismo animal (Chwalibog, 2004). Sendo este valor uma referência ao substrato que está sendo metabolizado. Valores próximos de um correspondem a metabolização de carboidratos, 0,8 para proteínas e 0,7 para lipídios. Neste experimento, o valor próximo a um (1,01) aponta para o metabolismo do principal componente dos alimentos volumosos, os carboidratos fibrosos.

Segundo Machado (2010) há necessidade de maiores estudos para caracterizar os coeficientes respiratórios obtidos no metabolismo oxidativo dos ácidos graxos, uma vez que estes são a principal fonte de energia para os ruminantes, pois os carboidratos dietéticos são na realidade, fonte de energia para os microrganismos ruminais.

Tabela 7. Consumo diário de oxigênio ( $\text{O}_2$ ), produção diária de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) e de metano ( $\text{CH}_4$ ), em litros por Kg de unidade de tamanho metabólico (L/UTM), produção diária de calor (PC) em Kcal por Kg de unidade de tamanho metabólico (Kcal/UTM) e quociente respiratório (CR) de ovinos alimentados com capim *Brachiaria decumbens* verde cortada aos 56, 84 e 112 dias de crescimento

Tratamento	Parâmetros				
	$\text{O}_2$ (L/UTM)	$\text{CO}_2$ (L/UTM)	$\text{CH}_4$ (L/UTM)	PC (kcal/UTM)	CR
T1	22,99	23,89	1,97A	116,33	1,05
T2	20,54	19,05	1,20B	101,52	0,92
T3	19,72	20,01	1,7AB	99,26	1,03
CV	19,21	21,01	17,78	18,21	18,02

Médias seguidas por letras maiúsculas diferentes na mesma coluna apresentam diferença estatística entre os tratamentos pelo teste SNK ( $P<0,05$ ). CV = Coeficiente de variação

Na tabela 8 estão apresentados os dados de emissão de metano entérico por ovinos alimentados com *Brachiaria decumbens* verde cortado em diferentes idades.

Tabela 8. Valores médios de produção de metano por ovinos alimentados com capim *Brachiaria decumbens* verde cortada aos 56, 84 e 112 dias de crescimento, em litros por dia (L/d), em gramas por dia (g/d) e em gramas por Kg de matéria seca ingerida (g/Kg de MS)

Tratamento	Parâmetros		
	CH4 (L/dia)	CH4 (g/dia)	CH4(g/kg MS)
T1	26,35A	18,82A	19,012A
T2	18,76B	13,41B	12,69B
T3	22,54B	16,1B	17,45AB
CV	8,35	8,35	14,19

Médias seguidas por letras maiúsculas diferentes na mesma coluna apresentam diferença estatística entre os tratamentos pelo teste SNK ( $P < 0,05$ ). CV = Coeficiente de variação

Os animais alimentados com a forrageira mais nova, cortada aos 56 dias apresentaram a maior produção diária de metano (26,35 litros) se comparada aos demais tratamentos ( $P < 0,05$ ), que não diferiram ( $P > 0,05$ ) com valores de 18,76 e 22,54 litros/dia para os animais alimentados com o capim verde cortado aos 84 e 112 dias respectivamente. Estes valores foram superiores aos encontrados por Castro (2008) média de produção diária de metano de 10,06 litros. Ribeiro Junior et al., (2011) relataram valores diários para produção de metano de 14,27 litros. Resposta semelhante foi observada em relação a produção de metano em gramas por dia. Os animais alimentados com a *Brachiaria decumbens* cortada aos 56 dias apresentaram maior produção de metano ( $P < 0,05$ ) com 18,82 g/dia. Já os animais alimentados com o capim cortado aos 84 e 112 dias não diferiram entre si, com produção média de 14,75 gramas/dia. A maior produção de metano encontrado em ovinos alimentados com a forrageira mais nova foi devido a maior capacidade de degradação das frações fibrosas desta planta pelas bactérias ruminais se comparado às plantas mais maduras. A fermentação das frações fibrosas é a principal fonte de produção de metano entérico nos ruminantes.

Houve uma maior produção de metano ( $P < 0,05$ ) em gramas por quilo de matéria seca ingerida por ovinos alimentados com o capim *Brachiaria decumbens* verde cortado aos 56 dias se comparado aos animais alimentados com o capim cortado aos 84 dias. Os

animais alimentados com o capim cortado aos 112 dias apresentaram valores semelhantes aos animais alimentados com capim cortado aos 56 e 84 dias.

### 3.4 CONCLUSÕES

Não houve diferenças entre os valores de energia líquida para o capim *Brachiaria decumbens* cortada aos 56, 84 e 112 dias de crescimento fornecido para ovinos, com valor médio de 1,74 Mcal/ Kg de MS.

Os ovinos alimentados com capim *Brachiaria decumbens* cortado aos 56 dias apresentam maior produção de metano entérico se comparado a ovinos alimentados com capim *Brachiaria decumbens* cortado aos 84 e 112 dias.

### 3.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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.

BROUWER, E. Report of Sub-Committee on Constants and Factors. Proc 3rd Symp. On Energy Metabolism, EAAP Publ. N° 11. p. 441-443, 1965

CABRAL, L. S.; NEVES, E. M.; ZERVOUDAKIS, J. T.; ABREU, J. G.; RODRIGUES, R. C.; SOUZA, A. L. Estimativas dos requisitos nutricionais de ovinos em condições brasileiras. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, v.9, n.3, p. 529-542, jul/set, 2008.

CASTRO, G. H. F. *Silagens de capim Tanzânia (*Panicum maximum* cv Tanzânia) em diferentes idades*. 2008. 125p. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária) - Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

CAVALCANTI, A. C. *Consumo e digestibilidade aparente do feno de *Andropogon gayanus* colhido em três diferentes idades*. Belo Horizonte. - Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Veterinária. 2010. 35 f. Dissertação (mestrado)

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

COSTA, K. A. P.; OLIVEIRA, I. P.; FAQUIN, V. Intervalo de corte na produção de massa seca e composição químico-bromatológica da *brachiaria brizantha* cv. Mg-5, *Ciencia Agrotécnica*, Lavras, v. 31, n. 4, p. 1197-1202, jul./ago., 2007.

DRUDI, A.; FAVORETTO, V. Influência da frequência, época e altura do corte na produção e na composição química do capim-andropógon. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 22, n. 12, p. 1287-1292, 1987.

EUCLIDES, V. P. B. Valor alimentício de espécies forrageiras do gênero Panicum. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 12., 1995, Piracicaba - SP. *Anais...* Piracicaba - SP: FEALQ - USP, 1995. p. 245-73.

FREER, M.; DOVE, H. (Eds.). *Sheep nutrition*. Wallingford: CAB International, 2002. 385 p.

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 Scence and Technology*, v.72, p.261-281, 1998.

GOBBI, K. F.; GARCIA, R; GARCEZ NETO, A. F.; PEREIRA, O. G. Composição Química e Digestibilidade In Vitro do Feno de *Brachiaria decumbens* Stapf.tratado com uréia. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 43, n. 3, p. 720 – 725, 2005.

GOERING, H. K. E.; VAN SOEST, P. J. *Forages fiber analysis*. Handbook, n.379, Agricultural Research Service, USDA, Washington, D.C. 1970. 20p.

GONÇALVES, L. C.; JAYME, D. G.; RIBEIRO Jr, G. O.; ET AL. Consumo voluntário e digestibilidade aparente em ovinos da energia das silagens de capim *Andropogon gayanus* em três idades de corte. In: XXI Congresso Brasileiro de Zootecnia, Maceió: ZOOTEC, 23 -27, mai. 2011. *Anais XXI Congresso Brasileiro de Zootecnia* .p.157-75.

JONHSON, W. L.; PEZO, P. Cell-wall, fractions and in vitro digestibility of peruvian feedstuffs. *Journal of Animal Science*, v. 41, p. 185 – 197, 1975.

MACÊDO, F. A. F. *Efeito de quatro datas de vedação sobre a produtividade e o valor nutritivo da Brachiaria decumbens STAPF*. 1982. p.71. Tese (Mestrado em Zootecnia) – Escola de Veterinária, UFMG, Belo Horizonte

MACHADO, F. S. *Digestibilidade, partição de energia e produção de metano em ovinos alimentados com silagens de híbridos de sorgo em diferentes estádios de maturação*. Belo Horizonte. Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Veterinária. 2010. 109 p., Tese (doutorado)

MINSON, D. J. *Forage in ruminant nutrition*. San Diego: Academy Press, 1990. 408 p.

MORAES, E. H. B. K.; PAULINO, M. F. ZERVOUDAKIS, J. T. Avaliação Qualitativa da Pastagem Diferida de *Brachiaria decumbens* Stapf., sob Pastejo, no Período da Seca, por Intermédio de Três Métodos de Amostragem, *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.34, n.1, p.30-35, 2005.

NARCISO SOBRINHO, J.; MATTOS, H.B.; ANDRADE, J.B. et al. Silagem de capim-elefante, em três estádios de maturidade, submetido ao emurchecimento. I – Produção e composição das forragens. *Boletim da Indústria Animal*, v.55, n.2, p.99-111, 1998

OFICIAL methods of analysis of AOAC international. 16 ed. Arlington: AOAC International, 1995

PACIULLO, D. S. C.; GOMIDE, J. A.; QUEIROZ, D. S.; MONTEIRO DA SILVA, E. A. Composição Química e Digestibilidade In Vitro de Lâminas Foliares e Colmos de Gramíneas Forrageiras, em Função do Nível de Inserção no Perfilho, da Idade e da Estação de Crescimento. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 30, n. 3, p. 964-974, 2001.

QUEIROS FILHO, J. L.; MALHEIROS, J. R.; MARTINEZ, M. S. C.; OLIVEIRA FILHO, J. J. Efeito da idade de corte e níveis de nitrogênio sobre o valor nutritivo da *Brachiaria humidicola* na região do brejo paraibano. *Agropecuária Técnica*, v. 7, n. 1/2, p. 72 – 80, 1986.

REIS, R.A.; RODRIGUES, L.R.A.; PEREIRA, J.R.A. Composição química e digestibilidade de fenos tratados com amônia ou uréia. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.30, n.3, p.666-673, 2001.

RIBAS, M. N. *Avaliação agronômica e nutricional de híbridos de sorgo com capim-sudão, normais e mutantes bmr- portadores de nervura marrom*. Belo Horizonte, MG: Escola de Veterinário da UFMG. 2010, 128p. (Tese)

RIBEIRO Jr, G. O.; GONÇALVES, L. C.; RODRIGUEZ. N. M.; ET AL. Respirimetria e perdas energéticas de ovinos alimentados com silagens de capim *Andropogon gayanus* em diferentes idades de corte In: XI Simposio de sustentabilidade leiteira, Maceió: ZOOTEC, 23 -27, mai. 2011. *Anais do XI Simposio de sustentabilidade leiteira*.

RODRIGUEZ, N. M.; CAMPOS, W. E.; LACHICA, M. Construção de um sistema de respirometria calorimétrica para determinação dos requisitos de energia líquida dos animais e de energia dos alimentos. Anais da 43<sup>o</sup> Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia. CD ROM. Julho, 2006.

SANTOS, E. D. G.; PAULINO, M. F.; QUEIROS, D. S. Avaliação de Pastagem Diferida de *Brachiaria decumbens* Stapf: 1. Características Químico-Bromatológicas da Forragem Durante a Seca, *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.33, n.1, p.203-213, 2004 a.

SANTOS, E. D. G.; PAULINO, M. F.; QUEIROS, D. S. Avaliação de Pastagem Diferida de *Brachiaria decumbens* Stapf: 2. Disponibilidade de Forragem e Desempenho Animal Durante a Seca, *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.33, n.1, p.214-224, 2004 b.

SANTOS, E. D. G.; PAULINO, M. F.; VALADARES FILHO, S. C. Consumo, digestibilidade e parâmetros ruminiais em tourinhos Limousin-Nelore, suplementados durante a seca em pastagem diferida de *Brachiaria decumbens* Stapf. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.33, n.3 p. 704-713, 2004 c.

SILVA, R. R. *Poaceae (Gramineae) da ARIE – Santuário de Vida Silvestre do Riacho Fundo, Brasília: DF: Universidade de Brasília*. 2000. 187 p. Dissertação (Mestrado em Botânica). Universidade de Brasília, Brasília.

SNIFFEN, C. J., O'CONNOR, J. D., VAN SOEST, P. J., FOX, D. G., RUSSELL, J. B. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. *Journal of Animal Science*, v. 70, p. 3562-3577, 1992.

SOCORRO E. P. *Digestibilidade aparente e partição da digestão de fenos de Brachiaria decumbens STAPF*. 1984. p.77. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Escola de Veterinária, UFMG, Belo Horizonte.

TEIXEIRA, A M.; JAYME, C. G.; GONÇALVES, L. C.; et al., Consumo voluntário e digestibilidade aparente das frações fibrosas das silagens de *Brachiaria brizantha* pura, adicionada de cana de açúcar e com aditivos bacterianos. In: 45° REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 2008, Lavras. *Anais da 45° reunião da sociedade brasileira de zootecnia*. Lavras, 2008.

TEIXEIRA, A. M.; GONÇALVES, L. C.; JAYME, D. G.; ET AL. Consumo de energia e respirometria de ovinos alimentados com capim elefante verde em três idades de corte. In: XXI Congresso Brasileiro de Zootecnia, Maceió: ZOOTECH, 23 -27, mai. 2011. *Anais XXI Congresso Brasileiro de Zootecnia* .

TEIXEIRA, A. M.; GONÇALVES, L. C.; JAYME, D. G.; ET AL. Consumo voluntário e digestibilidade aparente das frações fibrosas das silagens de três híbridos de sorgo. In: XXI Congresso Brasileiro de Zootecnia, Maceió: ZOOTECH, 23 -27, mai. 2011. *Anais XXI Congresso Brasileiro de Zootecnia*

TRUJILLO, G. M.; POSADA, J. G.; SIERRA, O. Efecto de La edad de rebrote en La calidad nutritiva de *Brachiaria decumbens*. *Pasturas Tropicales*, v. 8, n. 2, p. 7 – 9, 1986.

VALADARES FILHO, S.C.; PINA, D.S.; CHIZZOTTI, M.L. et al. Degradação ruminal da proteína dos alimentos e síntese de proteína microbiana. In: VALADARES FILHO, S.C.; PAULINO, P.V.R; MAGALHÃES, K.A. (Eds.) Exigências nutricionais de zebuínos e tabelas de composição de alimentos BR-Corte. Viçosa, MG: Suprema Gráfica, 2006. 142p.

VALERIO, J. R.; NAKANO, O. Danos causados pelo adulto da cigarrinha *Zulia entreriana* na produção e qualidade da *Brachiaria decumbens*. *Pesquisa agropecuária Brasileira*, v. 73, n. 1, p. 79 – 118, 1993.

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

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

Velasco, F. O. *Consumo e digestibilidade aparente do capim Brachiaria decumbens verde em três idades de corte*. Belo Horizonte, MG: Escola de Veterinário da UFMG. 2009, 46p. (dissertação)

VELASCO, F. O.; GONÇALVES, L. C.; MAGALHÃES, F. A.; ET AL. Consumo voluntário e digestibilidade das frações fibrosas do Capim *Brachiaria decumbens* verde em três idades de corte, Maceió: ZOOTEC, 23 -27, mai. 2011. *Anais XXI Congresso Brasileiro de Zootecnia*.

WEISS, W. P. CHAMBERLAIN, D. G.; HUNT, C. W. Feeding silages. In: *Silage Science and Technology*. Buxton, D. R.; Muck, R. E.; Harrison, J. H. (Eds.). American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, Soil Science of America. Madison, Wisconsin, 2003. 469-504 p.

## CAPÍTULO 4 – EXPERIMENTO II

### **AVALIAÇÃO DA CINÉTICA DE FERMENTAÇÃO RUMINAL DO CAPIM *Brachiaria decumbens* VERDE EM TRÊS DIFERENTES IDADES ATRAVÉS DA TÉCNICA “IN VITRO” SEMI-AUTOMÁTICA DE PRODUÇÃO DE GASES**

#### **4.1 INTRODUÇÃO**

Cerca de 50% das pastagens estabelecidas no Brasil são formadas por gramíneas do gênero *Brachiaria*, entre elas a *Brachiaria decumbens*. As plantas deste gênero são consideradas rústicas e de fácil adaptação às condições de solo e clima do cerrado brasileiro, que é caracterizado por solos de baixa ou média fertilidade, produzindo mesmo assim, uma boa massa verde de forragem.

Tendo em vista a grande importância das pastagens constituídas por esta espécie nos sistemas de produção de ruminantes adotados no Brasil, torna-se relevante o conhecimento do ponto ideal de utilização desta gramínea. Deste modo a determinação do consumo e digestibilidade, dados de cinética da degradação e o conteúdo de energia líquida para manutenção e ganho, é de grande importância para o estabelecimento de estratégias adequadas de suplementação, que possam elevar a eficiência nutricional e econômica dos sistemas de produção, buscando alternativas para viabilizar a atividade pecuária.

Devido ao alto custo da digestibilidade “in vivo”, demanda de tempo, mão-de-obra e baixo número de amostras avaliados, a utilização das técnicas *in vitro* estão sendo cada vez mais utilizadas para a determinação do valor nutricional dos alimentos, sendo relacionadas ao consumo e digestibilidade pelo animal. Entre as vantagens apresentadas pela técnica “in vitro” semi-automática de produção de gases está a capacidade de avaliar um grande número de amostras ao mesmo tempo e descrever assim a cinética de fermentação ruminal (Maurício et al, 1999)

Este estudo tem como objetivo avaliar a cinética de fermentação ruminal do capim *Brachiaria decumbens* verde cortado em três diferentes idades utilizando-se a técnica “in vitro” de produção de gases.

## 4.2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido nas dependências do Departamento de Zootecnia da Escola de Veterinária da UFMG, em Belo Horizonte, no Laboratório de Gases. Foram avaliados neste experimento três diferentes idades de corte do capim *Brachiaria decumbens* (T1 = 56 dias de rebrota, T2 = 84 dias de rebrote e T3 = 112 dias de rebrota), sendo o mesmo material coletado durante o experimento I. Após coletado o material foi levado ao Laboratório de Nutrição Animal da Escola de Veterinária da UFMG, onde foram secas em estufa de circulação forçada a 55°C, moídas em moinho tipo “Willye” com peneiras de 1 mm e acondicionadas em recipientes plásticos identificados para posteriores análises de matéria seca (MS), (Compêndio..., 1998).

O ensaio de produção de gases e degradabilidade foi realizado no período de 02 de junho de 2010 a 16 de outubro de 2010 por meio da técnica “in vitro” semi-automática de produção de gases (Maurício et al., 1999). Amostras de cada tratamento foram acondicionadas em frascos de vidro (160 ml) previamente gaseificados com CO<sub>2</sub>. O meio de cultura (Theodorou et al., 1994) foi adicionado a cada frasco, que posteriormente foi lacrado com rolha de silicone e levado para a geladeira (4°C).

As incubações foram feitas em triplicatas. Os frascos “brancos”, sem substrato, contendo só inóculo, também foram incubados para corrigir a liberação de gases proveniente da fermentação de resíduos do inóculo. Doze horas antes da incubação os frascos foram colocados na estufa para atingirem a temperatura de incubação (39°C).

Os líquidos ruminais (inóculos) foram colhidos de cinco novilhas mestiças (Holandês x Zebu), fistuladas no rúmen, de peso médio 400 kg, cedidas pela Universidade Federal de Viçosa, Campus Florestal (CEDAF). Os animais eram mantidos em piquete de capim *Brachiaria brizantha* cv Marandú e recebiam como concentrado base uma formulação comercial com 18% de PB, para o nível de manutenção. Após a colheita dos líquidos ruminais, estes foram separadamente acondicionados em garrafas térmicas de 2 litros e levado ao Laboratório de Nutrição Animal da EV-UFMG, subunidade Laboratório de Produção de Gases.

O inóculo (10 mL) foi injetado nos frascos e então, estes foram levados à estufa (39 °C) até a primeira leitura. As leituras de pressão foram realizadas em intervalos pré-estabelecidos, (2, 4, 6, 8, 10, 12, 15, 19, 24, 30, 34, 48, 72 e 96 horas) inserindo uma agulha fixada a um transdutor de pressão. Estas leituras foram transformadas em volume de gases pela equação definida por Maurício et al. (2003).

$$V = (0,051 \times P^2) + (4,43 \times P) - (0,004)$$

em que,

“V” é o volume (ml);

“P” é a pressão (libra por polegada quadrada “psi - pound square inch”);

A degradabilidade “in vitro” da matéria seca (DegMS) foi determinada pela filtragem do conteúdo dos frascos em cadinhos de borosilicato com porosidade 1 nos tempos de 6, 12, 24, 48, 96 horas. Os cadinhos foram então mantidos por 48 horas em estufa à 105°C, sendo posteriormente pesados, e o peso utilizado para o cálculo da DegMS.

Os dados da cinética de produção de gases e da degradabilidade foram submetidos a análise regressão pelo programa estatístico SAEG (Euclides, 2005) e regredidos ao modelo de France et al. (1993):

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

em que,

“Y” é a produção acumulativa de gases (ml);

“A” é a máxima produção acumulada de gases (ml);

“L” é a tempo de colonização (h);

“b (h<sup>-1</sup>) e c (h<sup>-0,5</sup>)” são as taxas fracionais constantes; e

“t” é o tempo (h).

A taxa fracional média (h<sup>-1</sup>) de produção de gases ( $\mu$ ) foi calculada como:

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

em que,

“ $\mu$ ” é a taxa de produção de gases (h<sup>-1</sup>);

Sendo os demais termos definidos anteriormente.

Os dados de degradabilidade efetiva foram estimados através dos dados de produção de gases e degradabilidade *in vitro* com 96 horas de incubação, utilizando-se o programa MLP (“Maximun Likelihood Program” - Ross, 1980). A taxa de passagem para o cálculo de degradabilidade efetiva foi k=0,02, sendo essa a indicada para alimentos volumosos (Ørskov, 1980).

O delineamento experimental utilizado para a avaliação estatística da produção acumulada de gases foi o de blocos ao acaso com parcelas subdivididas, tendo como fontes de variação: líquidos ruminais (blocos), idades de corte (parcelas) e tempos de incubação (subparcelas). Para a comparação das médias dos tratamentos foi utilizado o teste SNK (P<0,05) com o auxílio do software SAEG (Euclides, 2005). A decomposição da análise de variância seguiu o esquema apresentado na tabela 1.

TABELA 1 – Análise de variância para o delineamento de blocos ao acaso com parcelas subdivididas.

Fontes de variação	gl.
Total	14
Idades de Corte (parcelas)	2
Inóculo ruminal (blocos)	4

<i>Erro (A)</i>	8
Total de sub-parcelas	79
Parcelas	14
Tempo (sub-parcelas)	4
Idades x tempos	8
<i>Erro (B)</i>	53

Para a análise dos dados empregou-se o seguinte modelo estatístico:

$$Y_{ijk} = \mu + T_z + D_i + G_j + D * G_{ij} + e_{ijk}$$

em que,  $Y_{ijk}$  = observação "k" no inóculo "z" da idade ao corte "i" submetido ao tempo de incubação "j";  $\mu$  = média geral;  $T_z$  = efeito do inóculo "z", (j = 1, 2, 3, 4, 5);  $D_i$  = efeito do tempo de incubação "j", (j = 6, 12, 24, 48 e 96)  $G_j$  = efeito da idade ao corte "i", (j = 56, 84 e 112);  $D * G_{ij}$  = efeito da interação do tempo de incubação "i" com a idade ao corte "j";  $e_{ij}$  = erro experimental.

### 4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A composição bromatológica para os substratos incubados é a mesma apresentada na tabela 2 do capítulo 3.

No gráfico 1 aparecem as curvas de produções estacionárias de gases em ml do capim *Brachiaria decumbens* verde em três diferentes idades em função do tempo. Pode-se observar que a forragem cortada aos 56 dias apresentou comportamento distinto do capim cortado aos 84 e 112 dias. Entre o período de 12 e 24 horas de incubação o capim *Brachiaria decumbens* cortado aos 56 dias apresentou um maior pico de produção de gases. Já os materiais cortados aos 84 e 112 dias apresentaram picos de produção entre 42 e 48 horas. Comportamento semelhante foi encontrado por Castro et al., (2007) estudando a cinética de fermentação ruminal do capim *Brachiaria brizantha* cv marandu cortada em diferentes idades. Segundo o autor, o capim cortado aos 28 e 56 dias apresentou uma maior taxa de produção de gases até 24 horas, e as idades de 84 e 112 dias após 36 horas.

Com o envelhecimento da planta, há uma redução dos teores de conteúdo celular e um aumento dos teores de parede celular, além da parede celular apresentar mudanças em sua composição química com a maturidade (Hobson e Stewart, 1997). Devido a estes fatores as plantas mais jovens com maior conteúdo celular apresentariam uma maior fermentação em períodos mais precoces e plantas contendo um maior teor de parede celular apresentariam uma maior fermentação em períodos mais tardios.

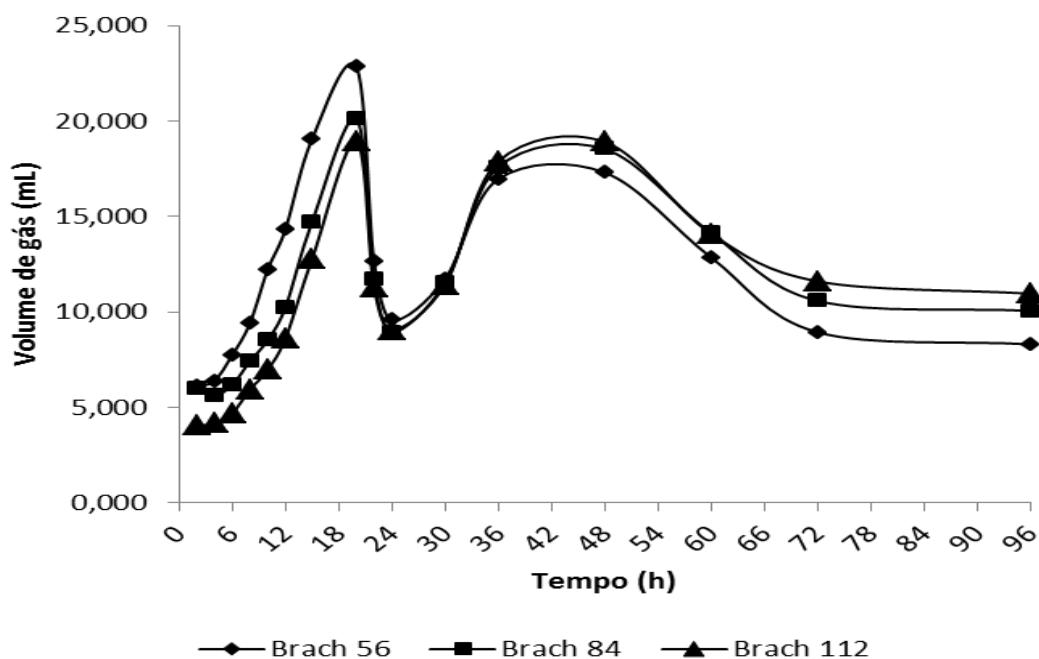


Gráfico 1. Produção estacionária de gases em ml do capim *Brachiaria decumbens* verde em três diferentes idades (56, 84 e 112 dias)

Na tabela 2 e no gráfico 2 estão representados as produções acumulativas de gases para as diferentes idades de corte. No tempo inicial de seis horas de fermentação não há diferença estatística ( $P>0,05$ ) para produção cumulativa de gases entre o capim cortado aos 56 e 84 dias, sendo estes superiores ( $P<0,005$ ) ao capim cortado aos 112 dias. A partir de 12 horas de fermentação a forrageira cortada aos 56 dias apresenta maior volume cumulativo de gás ( $P<0,05$ ) se comparada aos outros tratamentos, comportamento que foi seguido por esta forrageira durante todo o tempo de avaliação do experimento, até às 96 horas ( $P<0,05$ ). Já a forrageira cortada aos 84 dias apresentou valor inferior ao cortado aos 56 dias ( $P<0,05$ ) e superior ao cortado aos 112 dias ( $P<0,05$ ) durante todo período experimental. O capim cortado aos 112 dias sempre apresentou valores inferiores de produção cumulativa de gases ao ser comparado aos demais tratamentos ( $P<0,05$ ).

Tabela 2. Produção acumulativa de gases (ml/g de MS) pela técnica “in vitro” semi-automática do capim *Brachiaria decumbens* verde cortado aos 56, 84 e 112 dias de crescimento.

Idade de Corte (dias)	Período de Fermentação				
	6	12	24	48	96
56	20,23 <sup>A</sup>	56,15 <sup>A</sup>	120,28 <sup>A</sup>	166,29 <sup>A</sup>	196,41 <sup>A</sup>
84	17,82 <sup>A</sup>	43,98 <sup>B</sup>	99,51 <sup>B</sup>	147,16 <sup>B</sup>	181,96 <sup>B</sup>
112	12,91 <sup>B</sup>	34,41 <sup>C</sup>	86,47 <sup>C</sup>	134,69 <sup>C</sup>	171,38 <sup>C</sup>

Valores seguidos por letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste SNK ( $p < 0,05$ ). CV = 5,34%

Castro et al., (2007) avaliando a cinética de degradação e fermentação ruminal do capim *Brachiaria brizantha* cv Marandu colhida em diferentes idades de corte relataram produção acumulativa de gases média de 316,5 ml, valores superiores ao encontrado neste experimento. Diferente do encontrado neste experimento Castro et al., (2007) não encontraram diferenças significativas para produção cumulativa de gases ao final das 96 horas de fermentação entre as diferentes idades de corte da forrageira. Segundo os autores o tempo de fermentação compreendido entre 12 e 48 horas é a fase onde é observada a principal diferença na produção de gases e é onde a composição de carboidratos da forragem mais afetaria esta produção, já que em um taxa de degradação a 0,02% o alimento teria aproximadamente 50 horas para ser degradado efetivamente no rúmen.

Já Castro et al., (2010) avaliando cinética de fermentação ruminal do capim *Panicum maximum* cv Tanzânia observaram efeito da idade sobre a produção acumulativa de gases ao final das 96 horas de avaliação experimental. A menor produção foi encontrada no capim Tanzânia cortado aos 126 dias, o que segundo os autores, seria reflexo dos maiores teores de lignina na planta a esta idade comparada às plantas mais jovens.

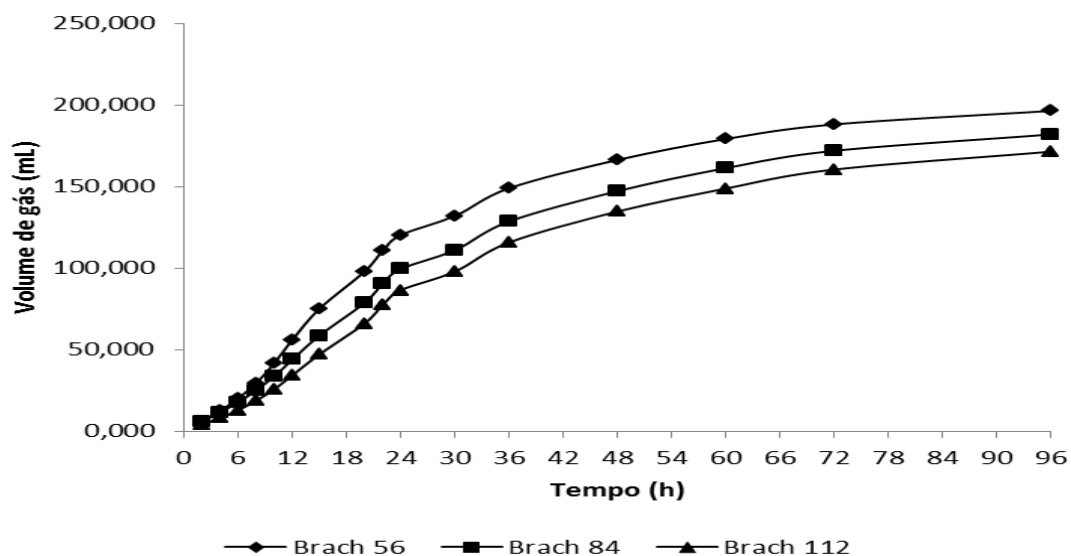


Gráfico 2. Produção acumulativa de gases pelo do capim *Brachiaria decumbens* verde em três idades de corte (56, 84 e 112 dias)

Tomich et al., (2003) observaram produções médias de gases em diferentes híbridos de sorgo com capim Sudão de 229,1 ml/g de MS, valor este superior ao encontrado neste experimento. Guimarães Junior et al., (2008) avaliando a cinética de fermentação ruminal de silagens de milho relataram valores de 150,08 ml de gás em 96 horas de degradação, valores inferiores aos deste experimento.

As ligninas ligam-se aos componentes da parede celular, tendo a ocorrência dessa interação aumentada com a maturidade da forrageira, seja pelo aumento da concentração de LIG e/ou pela modificação na composição dos compostos fenólicos, que afetam a extensão da degradação da forrageira (Jung, 1989; Jung e Allen, 1995). De forma conjunta, observa-se aumento da hidrofobicidade da cadeia de celulose na parede celular, o que, conseqüentemente, pode diminuir a taxa de degradação da forrageira (Chesson e Forsberg, 1997).

Os valores de degradabilidade da matéria seca do capim *Brachiaria decumbens* verde em função do tempo estão apresentados na tabela 3. A partir de 12 horas de incubação, o planta cortada aos 56 dias apresentou o maior valor de degradação da matéria seca ( $P < 0,05$ ), apresentando máxima degradabilidade às 96 de degradação, com 68,3%. As forrageiras cortadas aos 84 e 112 dias não apresentaram diferença estatística entre si ( $P > 0,05$ ) para degradabilidade da matéria seca, exceto aos 48 horas de incubação ruminal, quando o tratamento de 112 dias resultou em menor valor de degradabilidade ( $P < 0,05$ ). Foram observados valores de degradabilidade da matéria seca variando de 60,09% a 58,14% para as plantas cortadas aos 84 e 112 dias respectivamente.

Guimarães Junior et al (2008) encontraram valores de degradabilidade da matéria seca de diferentes genótipos de milho de 49,1 a 53,9% após 96 horas de fermentação “in

vitro”, valores estes inferiores aos deste experimento. Souza (2005) avaliando a degradabilidade “in vitro” do capim *Brachiaria brizantha* cultivada em diferentes sistemas de plantio (monocultura ou silvipastoril) após 96 horas de incubação, observou valores de degradação médio de 64,37%, semelhante ao encontrado neste experimento.

A degradabilidade ruminal é inversamente proporcional à idade de corte da forrageira (Van Soest, 1994). Nogueira avaliando a degradabilidade “in vitro” do capim *Brachiaria decumbens* cortado aos 98 dias, após 96 horas de degradação encontrou valores de desaparecimento da matéria seca entre 60% e 59%, valores semelhantes ao encontrado para as idade de 84 e 112 dias deste experimento. Segundo Whiteman (1980), o valor nutritivo da forragem decresce grandemente quando a planta se aproxima da maturidade. Com o aumento da idade da planta, a proporção de componentes potencialmente digestíveis, compreendendo os carboidratos solúveis, proteínas e outros componentes celulares tendem a declinar, enquanto a proporção de lignina, celulose, hemiceluloses e outras frações indigestíveis aumentam. Um outro fator importante é que, com a idade da planta, a proporção de colmo comparada com a de folha, aumenta, e a digestibilidade desta fração sofre grande influência do estágio de desenvolvimento da planta.

Tabela 3. Degradabilidade da matéria seca, em porcentagem, após 6, 12, 24, 48 e 96 horas de fermentação do capim *Brachiaria decumbens* verde cortado aos 56, 84 e 112 dias de crescimento.

Idade de Corte (dias)	Período de Fermentação				
	6	12	24	48	96
56	25,49 <sup>A</sup>	33,35 <sup>A</sup>	52,68 <sup>A</sup>	59,60 <sup>A</sup>	68,30 <sup>A</sup>
84	20,02 <sup>A</sup>	24,61 <sup>B</sup>	43,62 <sup>B</sup>	53,11 <sup>B</sup>	60,09 <sup>B</sup>
112	17,95 <sup>A</sup>	23,04 <sup>B</sup>	40,61 <sup>B</sup>	47,71 <sup>C</sup>	58,14 <sup>B</sup>

Valores seguidos por letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste SNK ( $p < 0,05$ ). CV = 8,76

A tabela 4 apresenta os parâmetros estimados pelo modelo de France et al., (1993) e a degradabilidade da matéria seca para cada tratamento. Numericamente o valor de potencial máximo de produção de gases (A) em ml/g de matéria seca foi superior para a planta cortada aos 56 dias (194,01 ml/g de MS), seguido pela forrageira colhida aos 84 e 112 dias (188,52 e 175,49 ml/ g de MS respectivamente). O potencial máximo de produção de gases (A) pode ser considerado como a expressão máxima da degradação ruminal de um alimento, sem considerar a limitação de tempo de permanência da digesta no rúmen (Ribas, 2010).

Castro et al., (2007) encontraram valores de potencial máximo de produção de gases do capim *Brachiaria brizantha* variando de 232 A 237 ml/g de MS, valores superiores aos encontrados neste experimento. Castro et al (2010) observaram queda do potencial máximo para a produção de gases do capim Tanzânia com o avançar do estágio de

maturação. Os valores relatados pelos autores variaram de 220,5 ml/g de MS para o capim cortado aos 42 dias a 180,73 ml/g de MS para o material cortado aos 126 dias.

Tabela 4. Potencial máximo de produção de gases (A) em ml/g de MS, tempo de colonização em horas (L) e minutos, taxa de produção de gases ( $\mu$ ) em ml/g de MS/h e degradabilidade efetiva da MS (DE) em % da MS para as taxas de passagem 2,0% e 5,0% do capim *Brachiaria decumbens* cortado aos 56, 84 e 112 dias de crescimento.

Parâmetros	Idade de Corte (dias)		
	56	84	112
A (mL/g de MS)	194,01	188,52	175,49
L (h:min)	1:27	1:36	1:45
$\mu$ (mL/g MS/h)	0,0454	0,0370	0,0345
R <sup>2</sup>	0,998	0,999	0,999
DE 2,0%/h (%)	65,09	57,10	55,07
DE 5,0%/h (%)	60,52	52,86	50,73

O tempo de colonização, ou lag time (L) representa o tempo compreendido entre o início da incubação até a ação microbiana sobre a amostra testada. A redução no tempo de colonização é favorecida pela presença de substratos prontamente fermentáveis, ausência de fatores antinutricionais e por características físicas e químicas (como maior ou menor teor de lignina) da parede celular da amostra. Os tempos de colonização variaram entre 1h27 min para a gramínea cortada aos 56 dias e 1h45 min para a cortada aos 112 dias de rebrote.

Castro et al., (2007) encontraram valores de tempo de colonização para o capim *Brachiaria brizantha* médio de 29,5 minutos, tempo menor do que encontrado neste experimento. Faria Junior et al., (2010) estudando a cinética de fermentação ruminal das silagens de sorgo BRS-610 em sete estádios de maturação encontraram tempo de colonização variando de 1h03m a 2h00m. Os autores também relataram efeito negativo da idade da planta sobre o tempo de colonização da mesma.

A taxa de produção de gases ( $\mu$ ) em ml/g de MS foi maior para a forrageira ceifada aos 56 dias de idade (0,0454 ml/g de MS/h), seguido pelas idades de 84 e 112 dias. Faria Junior et al., (2010) relataram taxas de produção de gases variaram de 0,03 a 0,05mL/g de MS/h para as silagens de sorgo BRS-610 em sete estádios de maturação.

O maior valor de degradabilidade efetiva da matéria seca (DE) foi observado para o capim *Brachiaria decumbens* cortado aos 56 dias, independente da taxa de passagem avaliada (0,02 ou 0,05 %/h). O menor valor foi observado para o capim cortado aos 112 dias. Castro et al., (2010) relataram valores de degradabilidade decrescentes com a idade das plantas utilizadas para produzir silagens do capim Tanzânia, variando de 46,04 a 33,81%/h, para a silagens confeccionadas aos 42 e 126 respectivamente.

De um modo geral, os valores de degradabilidade efetiva da matéria seca diminuíram com o aumento da idade de corte do *Brachiaria decumbens* para as duas taxas de passagem avaliadas. Dessa forma, pode-se inferir que, com o aumento da idade ao corte, ocorre diminuição da degradabilidade da forrageira, devido ao aumento do percentual de hastes ou diminuição do percentual de folhas, o que resulta em aumento da cristalinidade da celulose e dos teores de lignina na parede celular (Jung, 1989; Jung e Allen, 1995).

As equações geradas a partir das análises de regressão ao modelo de France et al., (1993) dos dados de produção acumulativa de gases do capim *Brachiaria decumbens* estão apresentados na tabela 5. Todas as equações encontradas apresentaram altos valores do coeficiente de determinação ( $R^2$ ), mostrando um alto ajuste dos resultados ao modelo.

Tabela 5. Equações geradas pelas análises de regressão ao modelo de France et al., (1993) dos dados de produção acumulada de gases do capim *Brachiaria decumbens* verde cortado aos 56, 84 e 112 dias de crescimento.

Idade de corte	Equação	$R^2$
56	$Y = 194,0070 \times \{1 - \exp^{[-(0,0624) \times (t - 1,4556) - (-0,1497) \times (\sqrt{t} - \sqrt{1,4556})]}\}$	0,998
84	$Y = 188,5185 \times \{1 - \exp^{[-(0,0512) \times (t - 1,5921) - (-0,1297) \times (\sqrt{t} - \sqrt{1,5921})]}\}$	0,999
112	$Y = 175,4902 \times \{1 - \exp^{[-(0,0483) \times (t - 1,7520) - (-0,1283) \times (\sqrt{t} - \sqrt{1,7520})]}\}$	0,999

#### 4.4 CONCLUSÕES

Pela técnica “in vitro” semi-automática de gases o capim *Brachiaria decumbens* cortado aos 56 dias apresentou valor nutritivo superior ao das plantas cortadas nas demais idades.

#### 4.5 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CASTRO, G. H. F; GRAÇA, D. S; GONÇALVES, L. C; MAURICIO, R. M; RODRIGUEZ, N. M; BORGES, I; TOMICH, T. R. Cinética de degradação e fermentação ruminal da *Brachiaria brizantha* cv. marandu colhida em diferentes idades ao corte. *Arq. bras. med. vet. zootec*; v. 59(6):1538-1544, dez. 2007

CASTRO, G. H. F; RODRIGUEZ, N. M; GONÇALVES, L. C; MAURÍCIO, R. M. Características produtivas, agronômicas e nutricionais do capim-tanzânia em cinco diferentes idades ao corte. *V. ;62(3):p. 654-666*, jun. 2010.

CHESSON, A.; FORSBERG, C.W. Polysaccharide degradation by rumen microorganisms. In: HOBSON, P.N. e STEWART, C.S. (Eds). *The rumen microbial ecosystem*. Londres: Brackie Academic & Professional, 1997. cap.8, p.329-381.

COMPÊNDIO Brasileiro de Alimentação Animal. Métodos analíticos. Manual de procedimentos analíticos de alimentos para animais. São Paulo - Brasil: SIDIRAÇÕES RAÇÕES, 1998.

EUCLIDES, V. P. B. Valor alimentício de espécies forrageiras do gênero Panicum. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 12., 1995, Piracicaba - SP. *Anais...* Piracicaba - SP: FEALQ - USP, 1995. p. 245-73.

FARIA JUNIOR, W.G. GONÇALVES, L. C.; MAURICIO, R. M.; RODRIGUES, J. A. S.; ET AL. Avaliação das silagens do sorgo BRS-610 em sete estádios de maturação pela técnica “in vitro” semiautomática de produção de gases. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, Belo Horizonte, v. 62, n. 4, Aug. 2010 .

FRANCE, J.; DHANOA, M. S.; THEODOROU, M. K. et al. A model to interpret gas accumulation profiles with in vitro degradation of ruminant feeds. *J. Theor. Biol.*, v. 163, n. 1, p. 99-111, 1993.

GUIMARÃES JUNIOR, R.; GONÇALVES, L. C.; MAURICIO, R. M.; ET AL. Cinética de fermentação de silagens de milho. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v. 60, n. 5. P. 1174 a 1180. 2008

HOBSON, P. N.; STEWART, C. S. *The rumen microbial ecosystem*. London - England: Brackie Academic & Professional, 1997. 719 p.

JUNG H. G., ALLEN M. S. (1995) Characteristics of plant cell walls affecting intake and digestibility of forages by ruminants. *J. Anim. Sci.* 73:2774–2790.

JUNG, H. G. Forage lignins and their effect on fiber digestibility. *Agron. J.* v. 81:33. 1989.

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.

NOGUEIRA, Ú. T. *Relação entre o volume de gases e a degradação da matéria seca de diferentes substratos pela Técnica in vitro Semi-automática de Produção de Gases*. 2004. 60 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Escola de Veterinária - Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, MG.

RIBAS, M. N. *Avaliação agronômica e nutricional de híbridos de sorgo com capim-sudão, normais e mutantes bmr- portadores de nervura marrom*. Belo Horizonte, MG: Escola de Veterinário da UFMG. 2010, 128p. (Tese)

ROSS, G. J. S. *Maximum Likelihood Program (A Manual)*. Oxford - England: Numerical Algorithms Group Ltd. 1980. 130 p.

SOUSA, L. F. *Produtividade e valor nutritivo da Brachiaria brizantha cv. Marandu em sistemas silvipastoris*. 2005. 61 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Escola de Veterinária - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, 2005.

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.

TOMICH, T. R.; GONÇALVES, L. C.; MAURICIO, R. M. et al. Composição bromatológica e cinética de fermentação ruminal de híbridos de sorgo com capim-sudão. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, v. 55, n. 6, p. 747-755, 2003.

VAN SOEST, P. J. *Nutritional ecology of the ruminant*. Ithaca - USA: Comstock Publishing Associates - Cornell University Press. 1994. 476 p.

## CAPÍTULO 5 - EXPERIMENTO III

### DEGRADABILIDADE “IN SITU” DOS COMPONENTES NUTRICIONAIS E MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA DO RESÍDUO DA DEGRADAÇÃO RUMINAL DO CAPIM *Brachiaria decumbens* VERDE EM TRÊS DIFERENTES IDADES

#### 5.1 INTRODUÇÃO

A produção de ruminantes tem como objetivo principal o fornecimento de produtos para o consumo humano (leite, carne, lã, etc), e para que isso ocorra é cada vez mais importante sistemas de produção mais eficientes. O Brasil tem lugar de destaque no cenário mundial quando se trata de produtos do setor pecuário, sendo um dos principais fornecedores de produtos de origem animal do mundo. A eficiência produtiva e econômica dos sistemas de produção animal depende, em grande parte do uso de medidas racionais de manejo, sobretudo em relação à nutrição animal.

O principal local de degradação dos alimentos nos ruminantes é o rúmen, efetuada pela população microbiana deste compartimento (Van Soest, 1994). Devido a esta associação os ruminantes evoluíram a habilidade de utilizar as estruturas vegetais como sua única fonte de nutrientes (Hofmann, 1989). A qualidade da forragem ingerida e sua digestão pela microbiota ruminal está diretamente relacionada com o desempenho animal. Através da degradabilidade ruminal pode-se avaliar qual o nível de aproveitamento das forrageiras.

A avaliação da digestibilidade de uma forrageira segundo Sampaio (1998), tem como objetivo satisfazer dois interesses básicos: a necessidade de se comparar diferentes forrageiras considerando-se que as mais digestíveis apresentarão melhor retorno econômico/produtivo pelos animais que as consumiram; e quando da formulação de modelos mecânicos que expressem progressiva e verdadeiramente o fenômeno dinâmico da digestão, considerando os fatores circunstanciais inerentes ao alimento oferecido.

Ensaio de digestibilidade pelo método “in vivo” têm sido utilizados para a determinação da digestibilidade aparente dos alimentos. Porém, tal metodologia é trabalhosa e cara, além de exigir grande quantidade do alimento, o que pode não ser possível quando se trata de um programa de avaliação de recursos alimentares para ruminantes. Esta técnica não descreve a diferenciação entre a degradação ruminal e a digestão pós-ruminal dos alimentos (Nocek, 1988; Huntington e Givens, 1995).

O estudo “in situ” com sacos de náilon possibilita a determinação da degradabilidade de alimentos e seus diversos componentes nutricionais. Esta técnica tem sido muito utilizada na avaliação de alimentos para os ruminantes, devido à facilidade e rapidez de

execução. Além disso, Huntington e Givens (1995) citam observações na literatura de correlações significativas entre o método “in situ” e “in vivo”.

Este estudo teve como objetivo avaliar a degradabilidade ruminal do capim *Brachiaria decumbens* verde cortado em três diferentes idades, empregando-se a técnica “in situ” de incubação ruminal de sacos de náilon.

## 5.2 MATERIAL E MÉTODOS

Para a avaliação da degradabilidade ruminal dos componentes nutricionais do capim *Brachiaria decumbens* verde, foram utilizados o mesmo material colhido durante o experimento I.

Para a avaliação da degradabilidade “in situ” foram utilizadas cinco novilhas mestiças, fistuladas no rúmen, de peso médio 400 kg, cedidas pela Universidade Federal de Viçosa, Campus Florestal (CEDAF). Os animais eram mantidos em piquete de capim *Brachiaria brizantha* cv Marandú e recebiam como concentrado base uma formulação comercial com 18% de PB, para o nível de manutenção, no período de julho de 2010. As cânulas eram inspecionadas e lavadas diariamente.

Foram utilizados sacos de náilon de 7,5 cm de largura x 15 cm de altura, o que correspondia a uma área útil de 225 cm<sup>2</sup>, e tamanho médio dos poros de 50 µm devidamente identificados. Os sacos foram lavados em água corrente, secos a 55°C por 24h tendo seus pesos registrados e receberam 5 g de matéria seca (MS), moídos a 5 mm, o que corresponde à relação de 17 mg de MS da amostra por cm<sup>2</sup>.

Uma argola de metal com aproximadamente dois centímetros de diâmetro foi colocada na extremidade aberta de cada saco, sendo o fechamento dos sacos realizado com presilhas de plástico. Os sacos incubados foram fixados em uma corrente com “âncora” de aproximadamente 150 g de forma a mantê-los em contato permanente com o líquido ruminal e posicionados no saco ventral do rúmen.

Os tempos de incubação usados para avaliação da degradabilidade *in situ* da *B. decumbens* foram: 3, 6, 12, 24, 48 e 96 horas. Foram incubados dois sacos por tratamento para os tempos de 3 e 6 horas e três sacos para os tempos de 12, 24, 48 e 96h, com exceção de um animal que recebeu um saco por tratamento/por tempo de degradação além dos outros já mencionados para ser realizada a análise microscópica do resíduo. Todos os tratamentos eram incubados e retirados em cada novilha de forma conjunta em cada tempo seguindo o cronograma apresentado no quadro 1.

Quadro 1. Cronograma de incubação ruminal

<b>Dia</b>	<b>Hora</b>	<b>Ação</b>	<b>Número de sacos</b>
1°	8	Inspeção da cânula ruminal	42
		Incubação do tempo de 3 horas	
		Incubação do tempo de 6 horas	
		Incubação do tempo de 96 horas	
	11	Retirada do tempo de 3 horas	
2°	8	Retirada do tempo de 6 horas	36
		Incubação do tempo de 12 horas	
		Incubação do tempo de 48 horas	
3°	8	Inspeção da cânula ruminal	36
4°	8	Inspeção da cânula ruminal	36
		Retirada do tempo de 48 horas	
		Incubação do tempo de 24 horas	

Uma vez retirados do rúmen, os sacos foram mergulhados em água gelada 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 todos os tempos de incubação todo material foi trazido para o Laboratório de Nutrição Animal da EV da UFMG e secos em estufa a 55°C por 72 horas. Após 30 minutos dentro do dessecador os pesos brutos foram registrados. Deste peso bruto, subtraiu-se o peso do saco vazio, obtendo-se dessa forma a proporção de MS pré-seca que desapareceu das bolsas durante a incubação ruminal. Os resíduos de incubação dos mesmos animais, tempos de degradação e tratamentos foram homogeneizados, moídos em peneiras de 1 mm e acondicionados em frascos de plásticos fechados e identificados, para posteriores análises bromatológicas.

A determinação do tempo zero ( $t_0$ ) foi feita colocando-se aproximadamente 5 g de MS da amostra moídos a 5 mm nos sacos de náilon e lavando-as seguindo os mesmos procedimentos dos outros tempos de incubação. Por esse procedimento, foi possível determinar a fração solúvel de cada amostra. Neste caso foram realizadas 5 réplicas por tratamento.

Foram realizadas as seguintes análises bromatológicas nos resíduos: matéria seca (MS), matéria mineral (MM) (Compêndio..., 1998), proteína bruta (PB) pela metodologia de Kjeldahl (Official..., 1995), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido

(FDA), hemiceluloses (HCEL), lignina, celulose (CEL) com o aparelho “Ankon” pelo método sequencial (Van Soest et al., 1991).

Os parâmetros de degradabilidade *in situ* foram obtidos pelo algoritmo de MARQUARDT do programa estatístico computacional SAEG (Euclides, 2005). Os dados das degradações dos constituintes da forrageira foram submetidos a uma análise de regressão, na qual foram regredidos ao modelo de Orskov e McDonald (1979), modificado por Sampaio et al., (1995):

$$D = A - (B \times e^{-ct}) ;$$

D é a quantidade de substrato degradado no tempo t; A representa a degradabilidade potencial; B é o total a ser degradado pela ação microbiana se não houvesse tempo de colonização; “c” taxa constante de degradação da fração que permanece no saco de náilon; e “t” é o tempo de incubação.

O tempo de colonização foi estimado conforme McDonald (1981), de acordo com a seguinte equação:

$$TC = [(-1 / c) \times (\ln (A - S) / B)] ;$$

Onde: TC é o tempo de colonização, em horas; a, b e c são os mesmos parâmetro definidos na equação anterior; e S é a fração solúvel determinada pela porcentagem de desaparecimento no tempo zero.

Para as frações dos constituintes da parede celular (FDN e FDA) a fração solúvel “S” foi considerada zero segundo Valadares Filho (1994).

A degradabilidade efetiva (DE) de cada componente nutricional foi calculada a partir do modelo proposto por Orskov e McDonald (1979)

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

Onde DE é a degradabilidade efetiva, S é a fração solúvel (tempo 0), B1 é a fração degradável (A – S), c é a taxa constante de degradação da fração que permanece no saco de náilon, e k é a taxa fracional de passagem, sendo consideradas para este experimento as taxas de 0,02 e 0,05 hora<sup>-1</sup>, correspondente respectivamente aos tempos de permanência de 50 e 20 horas respectivamente.

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, segundo o seguinte modelo estatístico:

$$Y_{ijk} = \mu + T_z + D_i + G_j + D * G_{ij} + e_{ijk}$$

Onde:  $Y_{ijk}$  = observação "k" no animal "z" da idade ao corte "i" submetido ao tempo de incubação "j";  $\mu$  = média geral;  $T_z$  = efeito do animal "z", ( $j = 1, 2, 3, 4, 5$ );  $D_i$  = efeito do tempo de incubação "j", ( $j = 3, 6, 12, 24, 48$  e  $96$ )  $G_j$  = efeito da idade ao corte "i", ( $j = 56, 84$  e  $112$ );  $D * G_{ij}$  = efeito da interação do tempo de incubação "i" com a idade ao corte "j";  $e_{ij}$  = erro experimental.

As análises das médias foram comparadas empregando-se o teste Student-Newman-Keuls (SNK), a 5% de probabilidade. A decomposição da análise de variância seguiu o esquema apresentado na tabela 1.

TABELA 1. Análise de variância para o delineamento de blocos ao acaso com parcelas subdivididas.

Fontes de variação	gl.
Total	14
Idades de Corte (parcelas)	2
Animal (blocos)	4
<i>Erro (A)</i>	8
Total de sub-parcelas	79
Parcelas	14
Tempo (sub-parcelas)	5
Idades x tempos	10
<i>Erro (B)</i>	50

Foram utilizados para o estudo em microscopia eletrônica de varredura os resíduos da degradação ruminal do capim *Brachiaria decumbens* verde, nas três idades de corte (56, 84 e 112 dias), incubados em uma novilha mestiça, de peso médio 400 kg, nos tempos de 3, 6, 12, 24, 48 e 96 horas.

Após serem retirados do rúmen, os sacos foram separados do resto dos sacos destinados à análises químicas e imediatamente congelados em freezer (-10°C) para posterior análise.

Após o descongelamento em geladeira a 4°C o material destinado para a MEV foi tomado de diferentes regiões do resíduo, tentando fazer uma amostra representativa. Cada amostra foi colocada em recipiente plástico e levada para desidratação em estufa de ventilação forçada a 39°C por 48 horas. Transcorrido este tempo as amostras foram coladas em placas de alumínio (Stabbs), metalizadas em ouro (metalizador CV 052 Blazer) e posteriormente levadas para Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV DSM950 Carl Zeiss). A MEV foi realizada no centro de microscopia eletrônica (CEMEL) do Instituto de Ciências Biológicas (ICB) da UFMG.

## 5.3 RESULTADO E DISCUSSÃO

### 5.3.1 Degradabilidade "in situ" do capim *Brachiaria decumbens*

Os dados de desaparecimento da matéria seca do capim *Brachiaria decumbens* verde cortado em três diferentes idades estão apresentados na tabela 2.

Não houve diferença estatística ( $P > 0,05$ ) para os valores de frações solúveis (Tempo 0) entre os tratamentos avaliados. A partir de três horas de incubação ruminal, o capim *Brachiaria decumbens* cortado aos 56 dias apresentou maior valor de desaparecimento da matéria seca se comparado aos outros tratamentos ( $P < 0,05$ ), chegando a uma degradabilidade máxima ao tempo de 96 horas com um desaparecimento de 71,37% da matéria seca. As forrageiras cortadas aos 84 e 112 dias não diferiram entre si ( $P > 0,05$ ) em momento algum durante a avaliação experimental, apresentando valores de degradabilidade máximos à 96 horas de incubação ruminal com 60,88% e 58,29% de desaparecimento ruminal respectivamente.

Tomich (2003) avaliando o desaparecimento ruminal da matéria seca através da técnica de sacos de náilon em dois híbridos de sorgo com capim Sudão, cana de açúcar e capim elefante relatou valores de desaparecimento da matéria seca de 76,4%, 76,6%, 66,3 e 75,5% respectivamente após 96 horas de incubação ruminal. Castro (2008) também observou efeito da idade sobre o desaparecimento ruminal da matéria seca do capim *Panicum maximum* – Tanzânia. Segundo o autor, a idade de corte mais nova, 42 dias apresentou valores de desaparecimento ruminal de 54,72%, enquanto o capim colhido aos 107 dias apresentou valores de 43,34% de desaparecimento, valores inferiores ao encontrados neste experimento. Moreira et al., (2009) apresentou valores de desaparecimento ruminal da matéria seca do capim *B. brizantha* de 74,1% após 96 horas de incubação ruminal, valor superior ao encontrado neste experimento.

Tabela 2. Desaparecimento ruminal (%) da matéria seca do capim *Brachiaria decumbens* verde cortado aos 56, 84 e 112 dias de crescimento

Idade de Corte (dias)	Tempo de Incubação (h)						
	0	3	6	12	24	48	96
56	18,45Aa	23,68Ba	30,23Ca	41,07Da	48,52Ea	62,62Fa	71,37Ga
84	15,95Aa	19,45Bb	23,84Cb	30,15Db	38,30Eb	51,29Fb	60,88Gb
112	16,81Aa	18,98Ab	22,35Bb	30,19Cb	37,74Db	52,21Eb	58,29Fb

Letras maiúsculas diferentes nas linhas e minúsculas diferentes nas colunas representam diferença estatística significativa pelo teste SNK ( $P < 0,05$ ). CV = 6,51%

A tabela 3 apresenta os parâmetros de degradabilidade ruminal segundo modelo de Sampaio et al., (1995) e degradabilidade efetiva da matéria seca do capim *Brachiaria decumbens* cortado em diferentes idades. Foi observado queda da fração degradável (A) da matéria seca com a idade, sendo que a forrageira mais jovem, cortada aos 56 dias, apresentou maior valor de fração potencialmente degradável (72,22%) se comparada às demais. Já a gramínea cortada aos 112 dias apresentou o menor valor, com 61,61%. A fração B representa a fração potencialmente degradável se não houvesse tempo de colonização. Novamente a gramínea cortada aos 56 dias apresentou o maior valor, com 53,19%, enquanto a forrageira cortada aos 112 dias apresentou 45,88 de degradabilidade

da fração B. O capim *B. decumbens* cortado aos 56 dias apresentou uma taxa de degradação (c) maior do que as demais, com 3,72%/h. A maior fração solúvel (S) foi apresentado pela gramínea cortada aos 56 dias (18,45%), enquanto o menor valor foi apresentado pela forrageira cortada aos 84 dias (15,96%). A degradabilidade efetiva calculada para as taxas de passagem de 2,0%/h e 5,0%/h foram superiores para o T1, com 53,41% e 41,38% respectivamente.

Todos os valores de “lag time” (tempo de colonização) apresentaram valores negativos, não correspondendo a uma resposta biológica. No entanto, o valor de tempo de colonização por ser uma equação matemática valores sem significado biológico podem ser encontrados. Valores de tempo de colonização negativos foram relatados por Borges (1997), Lara (1999), Souza (2001) e Tomich et al., (2003).

Tabela 3. Parâmetros de degradabilidade ruminal e degradabilidade efetiva da matéria seca do capim *Brachiaria decumbens* verde cortado aos 56, 84 e 112 dias de crescimento

Parâmetros	Idade de Corte (dias)		
	56 (T1)	84 (T2)	112 (T3)
A (%)	72,2258	64,5925	61,6156
B (%)	53,1999	48,4361	45,8877
c (%/h)	3,719	2,671	2,964
R <sup>2</sup>	0,994	0,999	0,995
S (%)	18,4500	15,9600	16,8100
B1	53,7758	48,6325	44,8056
Lag (h)	-0:01	-0:02	-0:02
DE 2,0%/h (%)	53,4198	43,7693	43,5634
DE 5,0%/h (%)	41,3875	32,8936	33,4855

A: fração potencialmente degradável; B: fração potencialmente degradável sob ação da microbiota, se não houvesse tempo de colonização; B1: Frações degradáveis c: taxa constante de degradação da fração potencialmente degradável por ação da microbiota; R<sup>2</sup>: coeficiente de determinação; DE: degradabilidades efetivas calculadas, considerando-se taxas de passagem no rúmen (k1) de 2 e 5 %/h.

Rodrigues et al. (2004) trabalharam com três acessos de *B. brizantha* cortada aos 42 e 63 dias e observaram valores de degradabilidade ruminal da matéria seca nas faixas de 66,1 a 94,4% para a degradabilidade potencial (DP), 1,5 a 4,6%/h para a taxa de degradação (c), e 43,0 a 55,7% e 31,0 a 42,8% para as degradabilidade efetiva calculadas, respectivamente, considerando-se taxas de passagem de 2 e 5%/h no rúmen. Em outro trabalho realizado para comparar a degradabilidade ruminal da MS de *B. brizantha* cv. Marandu (5,8 a 9,7% de PB e 67,7 a 69,7% de FDN), obtida em sistema silvipastoril onde a gramínea estava sob sombreamento por arbóreas ou em pastagens manejadas em monocultivo, Moreira et al. (2009) relataram valores nas faixas de 78,7 a 84,9% para DP; 2,1 a 3,0%/h para c; e 49,8 a 52,0% e 34,9 a 37,3% para DE calculadas, respectivamente, considerando-se taxas de passagem de 2 e 5%/h no rúmen. Os altos valores dos coeficientes de determinação encontrados indicam a boa adequação dos

resultados de desaparecimento de matéria seca ao modelo proposto por Sampaio et al., (1995).

Lopes et al., (2010) relataram valores de degradabilidade potencial para *Brachiaria decumbens* e 76,5%, de 55,2% de fração potencialmente degradável sob ação da microbiota, se não houvesse tempo de colonização, 2,77%/h para a taxa constante de degradação da fração potencialmente degradável, 19,8% para fração solúvel. Valores superiores ao encontrados neste experimento. Os valores de degradabilidade efetiva calculadas para as taxas de passagem de 2 e 5 %/h, segundo os mesmos autores foram de 51,4% e 41,4%, valores semelhantes aos obtidos neste experimento.

As equações geradas pelas análises de regressão ao modelo de Orskov e McDonald (1979) modificado por Sampaio et al., (1995) dos dados de degradação ruminal da matéria seca do capim *Brachiaria decumbens* verde são apresentados na tabela 4.

Tabela 4. Equações geradas pelas análises de regressão ao modelo de Orskov e McDonald (1979) modificado por Sampaio et al., (1995) dos dados de degradação ruminal da matéria seca do capim *Brachiaria decumbens* cortado aos 56, 84 e 112 dias de crescimento

Idade de corte	Equação	R <sup>2</sup>
56	$D = 72,2258 - [53,1999 \times \exp^{-0,0372 \times t}]$	0,994
84	$D = 64,5925 - [48,4361 \times \exp^{-0,0267 \times t}]$	0,999
112	$D = 61,6156 - [45,8877 \times \exp^{-0,0296 \times t}]$	0,995

A medida que a planta avança em estágio de maturação, há uma redução dos compostos celulares de alta degradabilidade em relação à carboidratos de parede, como a celulose e hemiceluloses de degradação mais lenta. Junto com o aumento dos teores de carboidratos estruturais há também o aumento de deposição dos teores de lignina na parede secundária da planta. A lignina apresenta efeito negativo sobre a degradabilidade da matéria seca por ser resistente ao ataque de enzimas das bactérias ruminais, além de ter efeito de barreira sobre a degradação de outros compostos como a celulose. (Van Soest, 1994).

A tabela 5 apresenta os valores de desaparecimento ruminal da proteína bruta do capim *Brachiaria decumbens* verde em três diferentes idades. As forrageiras cortadas aos 56 e 84 dias atingiram seus valores máximos de desaparecimento ruminal da proteína bruta com 96 horas de incubação, com 77,59% e 61,67% respectivamente. Já a planta cortada aos 112 dias apresentou máximo valor de desaparecimento da proteína bruta a partir de 48 horas de incubação, com 51,72%, quando estabilizou a sua resposta (P>0,05). A *B. decumbens* cortada aos 56 dias apresentou durante todo o período de incubação valor superior às plantas cortadas aos 84 e 112 dias (P<0,05). Por sua vez as plantas nas idades de 84 e 112 dias não diferiram entre si durante todo período de incubação (P>0,05).

Kabunga e Darko (1993) relatam valores de desaparecimento ruminal da proteína bruta com 72 horas de incubação de 66,7% a 45,2% para o capim *Panicum maximum* cortado, respectivamente, dos 42 dias aos 112 dias. Castro (2008) relatou valores de degradabilidade para silagens de capim Tanzânia variando de 76,60% a 54,99% para as plantas com idades de 42 e 107 dias respectivamente, valores semelhantes ao encontrado neste experimento. Moreira et al., (2009) observaram valores de 74,1% de desaparecimento da proteína bruta do capim *Brachiaria brizantha* durante 96 horas de incubação ruminal.

Tabela 5. Desaparecimento ruminal (%) da proteína bruta do capim *Brachiaria decumbens* verde cortado aos 56, 84 e 112 dias de crescimento

Idade de Corte (dias)	Tempo de Incubação (h)						
	0	3	6	12	24	48	96
56	46,78Aa	48,28Aa	57,90Ba	59,07Ba	64,29Ba	66,01Ba	77,59Ca
84	32,31Ab	41,43Bb	43,16Bb	44,64Bb	45,02Bb	47,91Bb	61,67Cb
112	34,71Ab	38,84Ab	41,32Ab	41,46Ab	43,04Ab	51,72Bb	57,43Bb

Letras maiúsculas diferentes nas linhas e minúsculas diferentes nas colunas representam diferença estatística significativa pelo teste SNK ( $P < 0,05$ ). CV = 11,15%

Com o avançar da idade ao corte houve diminuição da degradação ruminal da PB, fato este associado à diminuição do conteúdo celular da célula vegetal (Van Soest, 1994). Outro fator que pode interferir na degradação da proteína bruta de uma forrageira são os seus teores de nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN) e nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA) (tabela 2). Essas frações nitrogenadas ligadas à parede celular apresentam lenta degradabilidade pela microflora ruminal, resultando em queda de digestibilidade da fração proteica.

Os valores dos parâmetros de degradabilidade ruminal segundo Sampaio et al, (1995) da proteína bruta e da degradabilidade efetiva da proteína bruta nas taxas de passagem de 2,0% e 5,0%/h estão apresentados na tabela 6. A cinética de degradação da proteína bruta para o capim *Brachiaria decumbens* verde nas idades de 84 e 112 dias não se enquadraram no modelo proposto por Sampaio et al., (1995). A fração A do capim cortado aos 56 dias apresentou 77,13 de degradação. Já a fração B apresentou 28,44% e a fração B1 30,35%. A taxa de degradação ruminal da proteína bruta para esta forrageira foi de 3,02%/h. As degradabilidades efetivas para as taxas de passagem a 2,0% e 5,0%/h foram de 65,03% e 58,19% respectivamente.

Tomich (2003) avaliando o desaparecimento ruminal das frações proteicas do capim elefante relatou valores da fração A de 96,5%, fração B1 de 54,6% e degradabilidade efetiva da proteína bruta em taxas de passagem de 2,0% e 5,0%/h de 65,0% e 54,3% respectivamente, valores superiores os encontrados neste experimento. Lopez et al., (2010) relataram valores de degradação da fração A de 80,7%, fração B de 52,3 e taxa de degradação ruminal c de 2,8%/h para capim *Brachiaria decumbens*. As taxas de

degradabilidade efetiva da proteína bruta foram de 63,3% para a taxa de passagem a 2,0%/h e de 54,0% para 5,0%/h.

Tabela 6. Parâmetros de degradabilidade ruminal e degradabilidade efetiva da proteína bruta do capim *Brachiaria decumbens* verde cortado aos 56, 84 e 112 dias de crescimento

Parâmetros	Idade de Corte (dias)		
	56	84	112
A (%)	77,1363	-	-
B (%)	28,4476	-	-
c (%/h)	3,02	-	-
R <sup>2</sup>	0,912	-	-
S (%)	46,7813	-	-
B1	30,3550	-	-
Lag (h)	-0:02	-	-
DE 2,0%/h (%)	65,0306	-	-
DE 5,0%/h (%)	58,1999	-	-

A: fração potencialmente degradável; B: fração potencialmente degradável sob ação da microbiota, se não houvesse tempo de colonização; B1: Frações degradáveis; c: taxa constante de degradação da fração potencialmente degradável por ação da microbiota; R<sup>2</sup>: coeficiente de determinação; DE: degradabilidades efetivas calculadas, considerando-se taxas de passagem no rúmen (k1) de 2 e 5 %/h.

A equação gerada pela análise de regressão ao modelo de Orskov e McDonald (1979) modificado por Sampaio et al., (1995) dos dados de degradação ruminal da proteína bruta do capim *Brachiaria decumbens* verde são apresentados na tabela 7.

Tabela 7. Equações geradas pelas análises de regressão ao modelo de Orskov e McDonald (1979) modificado por Sampaio et al., (1995) dos dados de degradação ruminal da proteína bruta do capim *Brachiaria decumbens* verde em três idades de corte (56, 84 e 112 dias)

Idade de corte	Equação	R <sup>2</sup>
56	$D = 77,1363 - [28,4476 \times \exp^{-0,0302 \times t}]$	0,912
84	Os dados encontrados não enquadraram ao modelo de Sampaio et al (1995)	-
112	Os dados encontrados não enquadraram ao modelo de Sampaio et al (1995)	-

A tabela 8 apresenta os valores de desaparecimento ruminal da fibra em detergente neutro do capim *B. decumbens* em diferentes idades. O capim *B. decumbens* cortado nas três idades de corte avaliados apresentaram valor máximo de degradabilidade da fibra em detergente neutro 96 horas de incubação ruminal. Os valores de degradabilidade máxima da FDN para cada tratamento foi de 64,32%, 52,32% e 49,16% respectivamente para as forrageiras cortadas aos 56, 84 e 112 dias. Diferentemente do que ocorreu com a matéria seca e com a proteína bruta, até o tempo de incubação

ruminal de três horas não houve diferença estatística para o valor de degradabilidade ruminal da FDN ( $P>0,05$ ), uma vez que para que haja início da degradação das frações fibrosas um maior tempo de colonização é necessário. A partir de seis horas de incubação ruminal, o capim cortado as 56 dias apresentou maior valor de degradabilidade da FDN ( $P<0,05$ ) se comparado aos outros tratamentos, que não diferiram entre si ( $P>0,05$ ). Esse comportamento se repetiu durante todo o período de incubação ruminal (tempo de 96 horas).

Tabela 8. Desaparecimento ruminal (%) da fibra em detergente neutro do capim *Brachiaria decumbens* verde cortado aos 56, 84 e 112 dias de crescimento.

Idade de Corte (dias)	Tempo de Incubação (h)						
	0	3	6	12	24	48	96
56	-0,20Aa	5,11Ba	10,39Ca	24,66Da	36,83Ea	53,49Fa	64,32Ga
84	3,04Aa	1,95Aa	5,08Ab	15,14Bb	27,92Cb	41,16Db	52,32Eb
112	1,94Aa	0,74Aa	3,24Ab	15,57Bb	25,11Cb	41,69Db	49,16Eb

Letras maiúsculas diferentes nas linhas e minúsculas diferentes nas colunas representam diferença estatística significativa pelo teste SNK ( $P<0,05$ ). CV = 13,66%

Tomich (2003) apresentou valor de desaparecimento ruminal da FDN para capim elefante após 96 horas de incubação de 70,9%, valor este superior ao encontrado neste trabalho. Castro (2008) relatou efeito negativo da idade da forrageira sobre a degradação da fibra do capim *Panicum maximum* – Tanzânia. Os valores de desaparecimento da FDN variaram de 30,48% para a planta cortada aos 107 dias e 40,29% para a planta cortada aos 42 dias, valores inferiores aos deste experimento.

Na tabela 9 estão apresentados os valores para os parâmetros de degradabilidade da fibra em detergente neutro de acordo com o modelo proposto por Sampaio et al., (1995). Houve efeito da idade sobre os valores encontrados para o capim *Brachiaria decumbens* cortado em diferentes idades. O potencial de degradação da FDN foi maior para a planta cortada aos 56 dias (66,36%) e menor para a planta cortada aos 112 dias (53,79%). Para a fração B, houve decréscimo com o aumento da idade de corte do capim *Brachiaria*. A forrageira cortada aos 56 dias apresentou valores superiores aos demais tratamentos. No que se refere à taxa c, esta reduziu para a forrageira cortada até a 84 dias, aumentando-se em seguida para a forrageira colhida aos 112 dias. Os valores de degradabilidade efetivas calculadas para a FDN também apresentaram redução com o avançar do estágio de maturação da planta. A degradabilidade efetiva calculada foi maior para a forrageira ceifada aos 56 dias se comparada as plantas colhidas aos 84 e 112 dias, tanto para uma taxa de passagem de 2,0%/h quanto para 5,0%/h.

Valores superiores para o degradabilidade potencial da FDN foram relatados por Lopes et al., (2010) com valores de 77,9% para a *B. decumbens* e 76,8% para a *B. brizantha*. Campos et al. (2006) relatam valores da fração b da FDN de 63,36%, para a silagem de

milho, 61,68%, para a silagem de capim Elefante e 51,43%, para a silagem de sorgo. Estes autores citam valores de taxa  $c$  de 0,0308/h para a FDN da silagem de milho, 0,0310/h para a FDN da silagem de capim elefante e 0,0253/h para a FDN da silagem de sorgo. Castro apresentou valores da taxa média de degradabilidade da FDN de 2,63%/h, valores inferiores aos encontrados neste experimento. Moreira et al., (2009) relataram valores nas faixas de 78,7 a 84,9% para degradabilidade potencial da FDN; 2,1 a 3,0%/h para  $c$ ; e 49,8 a 52,0% e 34,9 a 37,3% para degradabilidade efetiva calculadas, respectivamente, considerando-se taxas de passagem de 2 e 5%/h no rúmen para o capim *Brachiaria brizantha*.

Segundo Chesson e Forsberg (1997), espera-se que, com o aumento da idade ao corte da forrageira, ocorra decréscimo na taxa de degradação da parede celular, devido ao aumento da cristalinidade da celulose, em virtude da substituição das moléculas de água por açúcares entre as fibrilas deste composto, o que aumenta a hidrofobicidade e dificulta o acesso da microbiota ruminal. Além disso há um aumento dos teores de compostos fenólicos de baixa degradabilidade que afetam negativamente a digestibilidade das frações fibrosas das forrageiras.

Tabela 9. Parâmetros de degradabilidade ruminal e degradabilidade efetiva da fibra em detergente neutro do capim *Brachiaria decumbens* verde cortado aos 56, 84 e 112 dias de crescimento

Parâmetros	Idade de Corte (dias)		
	56	84	112
A (%)	66,3600	57,4435	53,7948
B (%)	67,2323	57,8454	55,6197
$c$ (%/h)	3,52	2,60	2,84
$R^2$	0,997	0,989	0,983
B1	66,3600	57,4435	53,7948
Lag (h)	-0:01	-0:2	-0:02
DE 2,0%/h (%)	42,3034	32,4843	31,5793
DE 5,0%/h (%)	27,4026	19,6666	19,5000

A: fração potencialmente degradável; B: fração potencialmente degradável sob ação da microbiota, se não houvesse tempo de colonização; B1: Frações degradáveis  $c$ : taxa constante de degradação da fração potencialmente degradável por ação da microbiota;  $R^2$ : coeficiente de determinação; DE: degradabilidades efetivas calculadas, considerando-se taxas de passagem no rúmen ( $k_1$ ) de 2 e 5 %/h.

As equações geradas pelas análises de regressão ao modelo de Orskov e McDonald (1979) modificado por Sampaio et al., (1995) dos dados de degradação ruminal da fibra em detergente neutro do capim *Brachiaria decumbens* verde estão apresentados na tabela 10.

Tabela 10. Equações geradas pelas análises de regressão ao modelo de Orskov e McDonald (1979) modificado por Sampaio et al., (1995) dos dados de degradação

ruminal da fibra em detergente neutro do capim *Brachiaria decumbens* verde cortado aos 56, 84 e 112 dias de crescimento

Idade de corte	Equação	R <sup>2</sup>
56	$D = 66,3600 - [67,2323 \times \exp^{-0,0352 \times t}]$	0,997
84	$D = 57,4435 - [57,8454 \times \exp^{-0,0260 \times t}]$	0,989
112	$D = 53,7948 - [55,6197 \times \exp^{-0,0284 \times t}]$	0,983

Os valores de desaparecimento ruminal da fibra em detergente ácido do capim *Brachiaria decumbens* colhida em diferentes idades estão apresentados na tabela 11. O desaparecimento ruminal da fibra em detergente ácido foi máximo em todos os tratamentos apenas para o tempo de 96 horas de incubação ruminal. Neste tempo o capim cortado aos 56 dias apresentou o maior valor de desaparecimento da FDA ( $P < 0,05$ ) com 61,32% de degradabilidade, enquanto os outros tratamentos não diferiram entre si ( $P > 0,05$ ). Durante as primeiras horas de degradação houve valores negativos para a degradabilidade da fibra. Tais valores não apresentam validade biológica, podendo ser resultado de uma falha durante a execução da técnica. O capim cortado aos 56 dias apresentou superioridade da degradação da FDN a partir das 3 horas de incubação ruminal ( $P < 0,05$ ).

Tabela 11. Desaparecimento ruminal (%) da fibra em detergente ácido do capim *Brachiaria decumbens* verde cortado aos 56, 84 e 112 dias de crescimento

Idade de Corte (dias)	Tempo de Incubação (h)						
	0	3	6	12	24	48	96
56	3,18Aa	5,77Aa	10,82Ba	22,92Ca	35,07Da	50,51Ea	61,32Fa
84	5,35Ba	-1,04Ab	4,24Bb	11,12Cb	25,59Db	36,89Eb	50,35Fb
112	1,12Aa	-3,88Ab	-0,12Ab	11,64Bb	18,78Cc	37,15Db	45,07Ec

Letras maiúsculas diferentes nas linhas e minúsculas diferentes nas colunas representam diferença estatística significativa pelo teste SNK ( $P < 0,05$ ). CV = 18,29%

Os parâmetros de degradabilidade ruminal e degradabilidade efetiva da fibra em detergente ácido do capim *Brachiaria decumbens* estão apresentados na tabela 12. Semelhante ao ocorrido para a fibra em detergente neutro, os valores de fração A foram superiores para a planta mais jovem, cortada aos 56 dias se comparada as forrageiras cortadas mais tardiamente. Para a fração B, houve decréscimo com o aumento da idade ao corte do capim *Brachiaria decumbens*. No que se refere à taxa c, observou-se o maior valor com a forrageira cortada aos 56 dias, seguida pelo corte aos 84 dias e, com as menores taxas, a idade de corte de 112 dias. A degradabilidade efetiva da FDA obtida para os diferentes tratamentos foi maior, quanto menor a idade de corte em todas as taxas de passagem observadas (2,0 e 5,0%/h).

Tabela 12. Parâmetros de degradabilidade ruminal e degradabilidade efetiva da fibra em detergente ácido do capim *Brachiaria decumbens* verde cortado aos 56, 84 e 112 dias de crescimento

Parâmetros	Idade de Corte (dias)		
	56	84	112
A (%)	64,3460	59,0842	51,9274
B (%)	62,7852	59,3234	56,0021
c (%/h)	0,0317	0,0204	0,0239
R <sup>2</sup>	0,997	0,970	0,969
B1	64,3460	59,0842	51,9274
Lag (h)	-2:06	-3:22	-2:57
DE 2,0%/h (%)	39,4491	29,8346	28,2595
DE 5,0%/h (%)	24,9617	17,1210	16,7843

A: fração potencialmente degradável; B: fração potencialmente degradável sob ação da microbiota, se não houvesse tempo de colonização; B1: Frações degradáveis c: taxa constante de degradação da fração potencialmente degradável por ação da microbiota; R<sup>2</sup>: coeficiente de determinação; DE: degradabilidades efetivas calculadas, considerando-se taxas de passagem no rúmen (k1) de 2 e 5 %/h.

Segundo Castro (2010) a redução no potencial de degradação da FDA, com o avançar da idade ao corte do capim Tanzânia utilizado para a ensilagem, pode estar relacionado a alterações observadas nos componentes da parede celular vegetal. As ligninas são tidas como o principal composto a diminuir a degradação da parede celular com o aumento da idade ao corte de uma forrageira (Hatfield, 1989).

As equações geradas pelas análises de regressão ao modelo de Orskov e McDonald (1979) modificado por Sampaio et al., (1995) dos dados de degradação ruminal da fibra em detergente ácido do capim *Brachiaria decumbens* verde estão apresentados na tabela 13.

Tabela 13. Equações geradas pelas análises de regressão ao modelo de Orskov e McDonald (1979) modificado por Sampaio et al., (1995) dos dados de degradação ruminal da fibra em detergente ácido do capim *Brachiaria decumbens* verde cortado aos 56, 84 e 112 dias de crescimento

Idade de corte	Equação	R <sup>2</sup>
56	$D = 64,3460 - [62,7852 \times \exp^{-(0,0317 \times t)}]$	0,997
84	$D = 59,0842 - [59,3234 \times \exp^{-(0,0204 \times t)}]$	0,970
112	$D = 51,9274 - [56,0021 \times \exp^{-(0,0239 \times t)}]$	0,969

### 5.3.1 Microscopia eletrônica de varredura dos resíduos do experimento de degradabilidade “in situ” do capim *Brachiaria decumbens*.

A figura 3 apresenta as fotos realizadas através de microscopia eletrônica de varredura (MVE) do material original do capim *Brachiaria decumbens* verde cortado em três diferentes idades. Pode-se observar que ainda há presença abundante de parede primária (PP) no capim *Brachiaria decumbens* cortado aos 56 dias de rebrota, enquanto nas outras forrageiras há predominância de parede secundária.

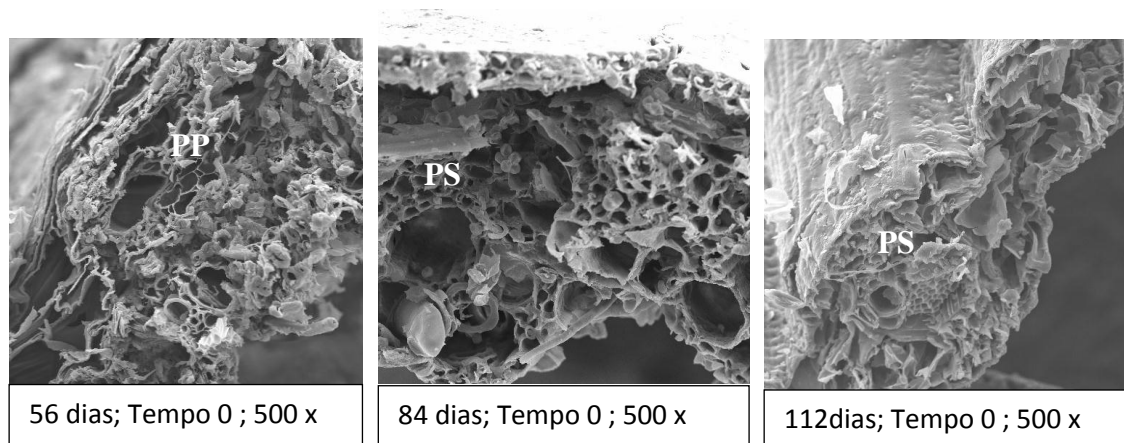


Figura 1. Microscopia eletrônica de varredura da superfície do material original do capim *Brachiaria decumbens* verde cortado em três idades de corte. (PP = Parede primária; PS = Parede secundária).

A parede primária (Figura 1) é a primeira parede a ser formada pela célula, antes e durante o crescimento celular, e está presente em todas as células da planta. Normalmente é encontrada na forma de paredes finas e de formas irregulares. É depositada sobre cada lado da lamela média pelas células adjacentes. Quimicamente, consiste principalmente de celulose, hemiceluloses, proteínas estruturais e outros polissacarídeos. A lamela celulósica pode ser separada por camadas de substâncias pépticas, por exemplo, nas paredes epidérmicas. Todas as células meristemáticas possuem parede primária, bem como muitas células adultas que ainda possuem conteúdos vivos. Desde que a parede é formada quando a célula é jovem, ela deve submeter-se a um crescimento considerável, podendo ser em comprimento ou espessura (Cutter, 2002).

Já as paredes secundárias são, geralmente, formadas após a célula ter completado seu alongamento e, portanto, normalmente não sofreram nenhum grau considerável de extensão. Suas paredes são mais grossas se comparadas aos da parede primária e possuem formas mais regulares. Ela é depositada no lado interno da parede existente, junto do lúmen celular. Consiste principalmente de celulose e outros polissacarídeos em

menor quantidade do que na parede primária. A deposição das fibras de celulose apresenta um padrão mais ordenado nas paredes secundárias que nas primárias. Muitas outras substâncias, como a lignina podem ser depositadas na parede. Onde a parede secundária se torna lignificada, a parede primária também se faz. A parede secundária comumente consiste de três camadas e, assim, a parede celular pode constituir, no total de cinco camadas: a lamela média, a parede primária, a parede secundária com suas três camadas (Figura 1). Muitas vezes a parede primária não é depositada de forma contínua, mas é depositada de forma anelar ou helicoidal (Cutter, 2002). Considera-se que a parede secundária seja responsável pela resistência mecânica do sistema.

O sistema vascular da planta é constituído de xilema, tecido condutor de água, e de floema, tecido condutor de alimento. Levando em consideração a importância do suprimento de água e alimento, pode-se considerar a importância deste sistema dentro da planta. Muitos dos componentes do xilema têm parede espessa e dura, ao contrário do floema que é constituído de parede macia. O xilema é o principal constituinte das madeiras duras e moles, sendo assim de grande importância comercial. Quanto ao floema, as fibras podem estar presentes no floema primário e secundário. Possuem parede secundária espessa, geralmente lignificadas. As células do parênquima também estão presentes no floema primário e secundário, essas células têm parede primária com campos primários e conteúdo vivo, sendo que no floema inativo podem espessar-se e lignificar-se. Este tipo de célula pode também armazenar amido e outros compostos, especialmente no floema secundário (Cutter, 2002).

A figura 2 apresenta fotos realizadas através de microscopia eletrônica de varredura do resíduo de capim *B. decumbens* verde cortado em diferentes idades de crescimento após três horas de incubação ruminal. Poucas alterações da parede celular são observadas neste período. É observada pequena degradação do parênquima de paredes finas no resíduo de capim *B. decumbens* cortado aos 84 dias (Seta). Estruturas de parede ricas em celuloses são observadas na figura três (ligno-fibra – LN). Estas estruturas reduzem os níveis de degradação ruminal da forrageira, principalmente da parede celular.

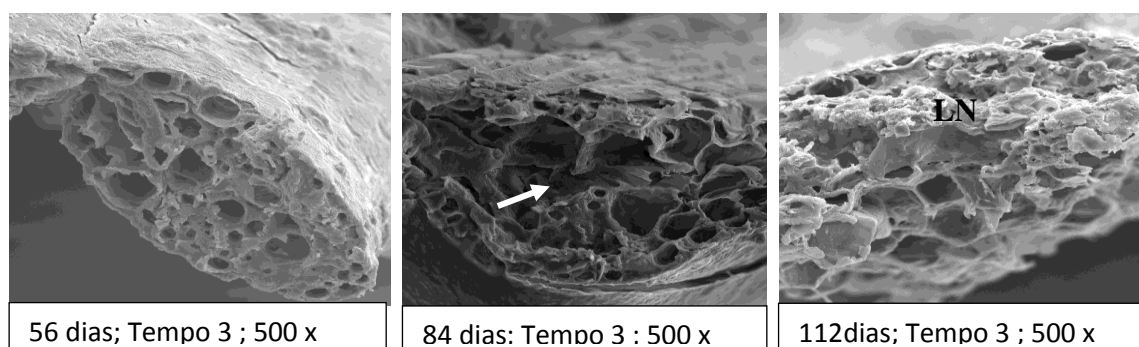


Figura 2. Microscopia eletrônica de varredura da superfície do resíduo de três horas de incubação ruminal do capim *Brachiaria decumbens* verde cortado em três idades de corte.

A figura 3 apresenta fotos do resíduo de incubação ruminal após seis horas, do capim *B. decumbens* cortado em três diferentes idades pela observação através do microscópio eletrônico de varredura (MVE). Já é observada a degradação da superfície da folha (seta) e dos tecidos de parede mais finas (asterisco) no resíduo ruminais da forrageira cortada aos 56 dias de crescimento. Também no resíduo da gramínea cortada aos 84 dias de crescimento é observada a degradação de parede primária presente (seta). Já no resíduo da degradação ruminal do capim cortado aos 112 dias de rebrote pouca não é perceptível a perda de parede celular. Muito material amorfo e ligno-fibra é observada nesta imagem (seta). Também é perceptível o aumento da espessura da parede celular

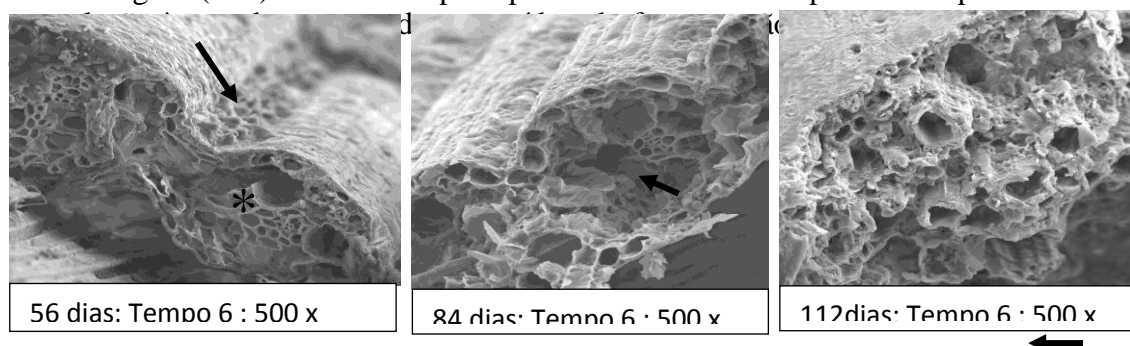


Figura 3. Microscopia eletrônica de varredura da superfície do resíduo de seis horas de incubação ruminal do capim *Brachiaria decumbens* verde cortado em três idades de corte.

A figura 4 apresenta fotos do resíduo da incubação ruminal após doze horas, do capim *B. decumbens* cortado em três diferentes idades pela observação através do microscópio eletrônico de varredura (MVE). Após doze horas de incubação ruminal a gramínea cortada aos 56 dias já apresenta grande perda de parede celular (24,66% da FDN – Tabela 8), e a superfície do resíduo já apresenta grande área degradada. Os resíduos da incubação ruminal das gramíneas cortadas aos 84 e 112 dias já apresentam alguma perda da matriz de parede mais finas (setas).

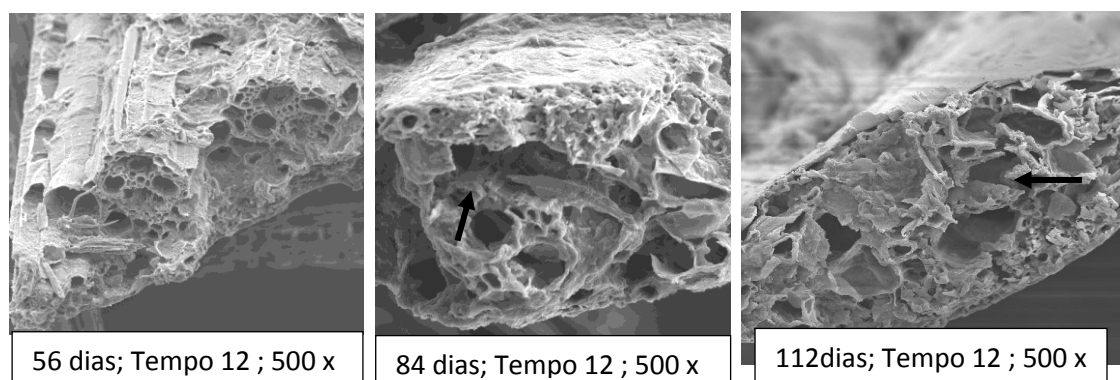


Figura 4. Microscopia eletrônica de varredura da superfície do resíduo de 12 horas de incubação ruminal do capim *Brachiaria decumbens* verde cortado em três idades de corte.

A figura 5 apresenta fotos do resíduo da incubação ruminal após 24 horas, do capim *B. decumbens* cortado em três diferentes idades pela observação através do microscópio eletrônico de varredura (MVE). Após 24 horas de incubação ruminal o capim *B. decumbens* cortado aos 56 dias apresentou 36,86% de perda de FDN (tabela 8). Nota-se perda de estrutura de parede primária, apresentando grandes áreas degradadas (asterisco). No resíduo da incubação ruminal da gramínea cortada aos 56 dias também observa-se a presença de fibras ricas em celulose soltas, resultado da ação microbiana (setas). O resíduo da gramínea cortada aos 84 apresenta estruturas de transporte de água (floema) isolado pela degradação microbiana. Pouco efeito de degradação é observada nas superfícies dos resíduos de gramíneas cortadas aos 84 e 112 dias.

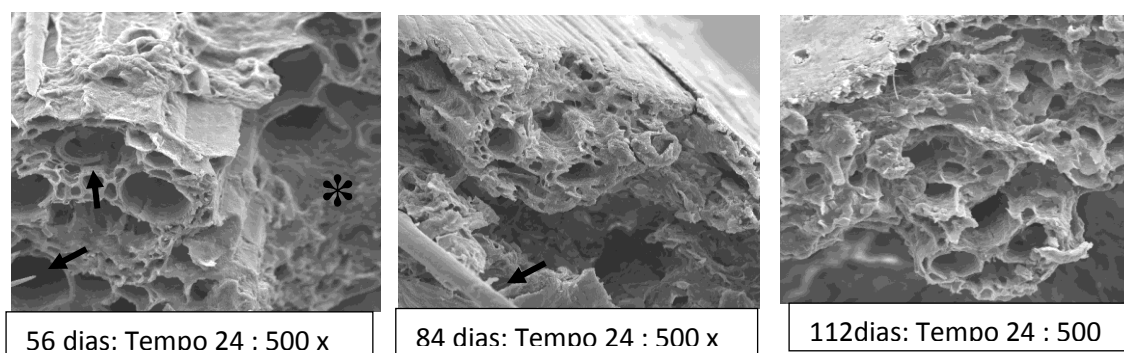


Figura 5. Microscopia eletrônica de varredura da superfície do resíduo de 24 horas de incubação ruminal do capim *Brachiaria decumbens* verde cortado em três idades de corte.

A figura 6 apresenta fotos do resíduo da incubação ruminal após 48 horas, do capim *B. decumbens* cortado em três diferentes idades pela observação através do microscópio eletrônico de varredura (MVE). Após 48 horas de degradação ruminal, o resíduo do capim cortado aos 56 dias já não apresenta estrutura de parede primária e secundária, tornando-se as estruturas pouco distinguíveis, apresentando mais de 53,00% da FDN degradada. Já não se observa tecidos de parede primária (paredes finas e irregulares) no resíduo de degradação ruminal do capim *B. decumbens* cortado aos 84 dias após 48 de degradação. Grandes áreas de degradação são observadas na superfície do capim cortado aos 112 dias após 48 horas de incubação (seta)

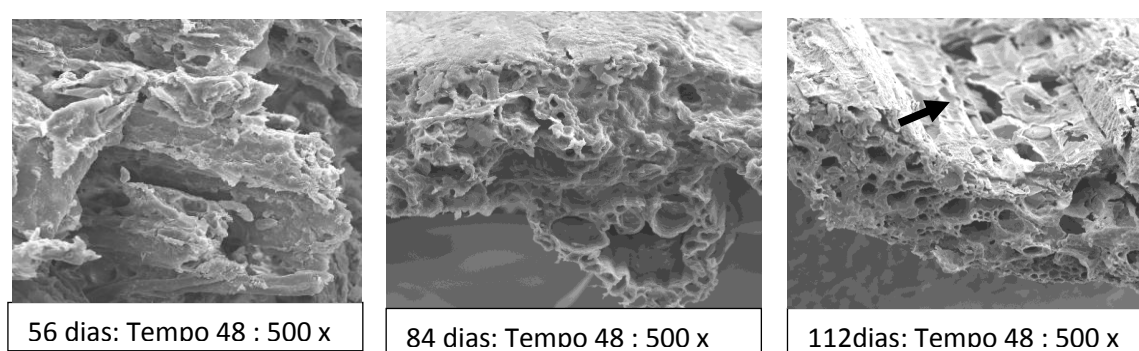


Figura 6. Microscopia eletrônica de varredura da superfície do resíduo de 48 horas de incubação ruminal do capim *Brachiaria decumbens* verde cortado em três idades de corte.

A figura 7 apresenta fotos do resíduo da incubação ruminal após 96 horas, do capim *B. decumbens* cortado em três diferentes idades pela observação através do microscópio eletrônico de varredura (MVE). Após este período já houve 64,32% de degradação do FDN do capim *B. decumbens* cortado aos 56 dias, permanecendo apenas as estruturas mais lignificadas como as estruturas responsáveis para o transporte de água e seiva nas plantas (vasos libero-lenhosos do floema – seta). Nos resíduos de degradação ruminal do capim cortado aos 84 dias apresenta grandes perdas de frações fibrosas (52,32% de desaparecimento da FDN – tabela 8). Após 96 horas de incubação ruminal, o resíduo do capim cortado aos 112 dias restou apenas as frações mais lignificadas da planta (floema e xilema).

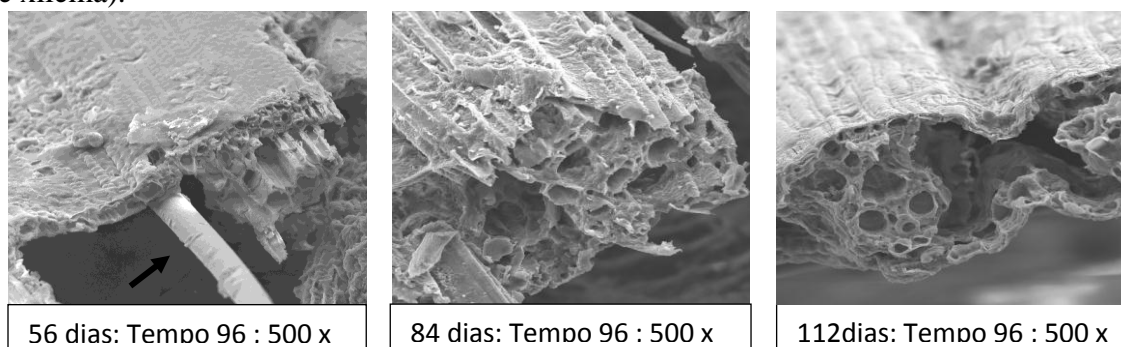


Figura 7. Microscopia eletrônica de varredura da superfície do resíduo de 96 horas de incubação ruminal do capim *Brachiaria decumbens* verde cortado em três idades de corte.

#### 5.4 CONCLUSÕES

De acordo com os parâmetros avaliados pela técnica “in situ” de degradabilidade ruminal, o capim *Brachiaria decumbens* cortado aos 56 dias apresenta valor nutritivo superior às outras idades avaliadas.

## 5.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

CASTRO, G.H.F. *Silagem de capim tanzânia (Panicum maximum cv Tanzânia) em diferentes idades*. Belo Horizonte, MG: Escola de Veterinário da UFMG. 2008, 125p. (Tese)

CHESSON, A.; FORSBERG, C.W. Polysaccharide degradation by rumen microorganisms. In: HOBSON, P.N. e STEWART, C.S. *The rumen microbial ecosystem*. Londres: Brackie Academic & Professional, 1997. Cap. 8, p.329-381.

COMPÊNDIO Brasileiro de Alimentação Animal. Métodos analíticos. Manual de procedimentos analíticos de alimentos para animais. São Paulo - Brasil: SIDIRAÇÕES RAÇÕES, 1998.

CUTTER, E. G. *Anatomia vegetal*. Editora Roca, São Paulo, 2002. 304 p.

EUCLIDES, V. P. B. Valor alimentício de espécies forrageiras do gênero Panicum. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 12., 1995, Piracicaba - SP. *Anais...* Piracicaba - SP: FEALQ - USP, 1995. p. 245-73.

HATFIELD, R. D.; WILSON, J. R.; MERTENS, D. R. Composition of cell walls isolated from cell types of grain sorghum stems. *J. Sci. Food Agr.*, v. 79, n. 6, p. 891-899, 1999

HUNTINGTON, J. A.; GIVENS, D. I. The *in situ* technique for studying the rumen degradation of feeds: a review of the procedure. *Nutr. Abstr. Rev.*, series B, v. 65, p. 63-93, 1995.

KABUGA, J.D.; DARKO, C.A. In sacco degradation of dry matter and nitrogen in oven dried and fresh tropical grasses and some relationships to in vitro dry matter digestibility. *Animal Feed Science Technology*. v.40, p.191-205, 1993.

LOPES ,F.C.F.; PACIULLO, D.S.C.; MOTA, E.F.; PEREIRA, J.C.; AZABUJA, A.A. Composição química e digestibilidade ruminal in situ da forragem de quatro espécies do gênero *Brachiaria*. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, v.62, n.4, p.883-888, 2010

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

MOREIRA, G. R.; SALIBA, E. O. S.; MAURÍCIO, R. M. et al. Avaliação da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu em sistemas silvipastoris. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, v. 61, n. 3, p. 706-713, 2009.

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.

OFFICIAL methods of analysis of AOAC international. 16 ed. Arlington: AOAC International, 1995.

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

RODRIGUES, M.A.M.; FONSECA, A.J.M.; SEQUEIRA et al. Digestion kinetic parameters from an in vitro gas production method as predictors of voluntary intake of forage by mature ewes. *Animal Feed Science Technology*. v.95, p.133-142, 2002.

SAMPAIO, I.B.M.; PIKE, D.J.; OWEN, E. Optimal design for studying dry matter degradation in the rumen. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, v.47, p.373-383, 1995.

SOUZA, F. H. D. As sementes de espécies forrageiras do gênero Brachiaria no Brasil Central. In: PAULINO, V. T.; ALCÂNTARA, V. B. G. *A Brachiaria no novo século*. 2 ed. Nova Odessa - Brasil: Instituto de Zootecnia, 2002. p. 7-29.

TOMICH, T. R. Potencial forrageiro de híbridos de sorgo com capim Sudão avaliados em regime de corte. 2003 Belo Horizonte. 88p. Tese (doutorado)

VAN SOEST, P. J. Nutritional ecology of the ruminant. Ithaca - USA: Comstock Publishing Associates - Cornell University Press. 1994. 476 p.

VAN SOEST, P. J.; ROBERTSON, J. B.; LEWIS, B. A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and no starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.*, v. 74, n. 10, p. 3583-3597, 1991.

## CAPÍTULO 6 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

Apesar de não ter sido encontrada diferenças entre os valores de energia líquida avaliada para as diferentes idades de corte do capim *Brachiaria decumbens*, outros parâmetros como os teores de proteína e sua degradabilidade ruminal devem ser avaliados para a correta formulação de uma dieta para ruminantes.

O capim *Brachiaria decumbens* verde colhido aos 56 dias foi superior às demais idades de corte avaliadas de acordo com os experimentos “in vitro” de produção de gases e “in situ”.