

ROGÉRIO DA SILVA MATOS

**FONTES DE FIBRA EM DIETAS PARA CABRAS LEITEIRAS**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

VIÇOSA  
MINAS GERAIS – BRASIL  
2012

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e  
Classificação da Biblioteca Central da UFV

T

M433f  
2012

Matos, Rogério da Silva, 1980-  
Fontes de fibra em dietas para cabras leiteiras / Rogério  
da Silva Matos. – Viçosa, MG, 2012.  
ix, 76f. : il. ; 29cm.

Orientador: Marcelo Teixeira Rodrigues.  
Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa.  
Inclui bibliografia.

1. Caprino - Nutrição. 2. Rúmen. 3. Frações.  
4. Carboidratos na nutrição animal. 5. Fibras na nutrição  
animal. I. Universidade Federal de Viçosa. II. Título.

CDD 22. ed. 636.390852

ROGÉRIO DA SILVA MATOS

**FONTES DE FIBRA EM DIETAS PARA CABRAS LEITEIRAS**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

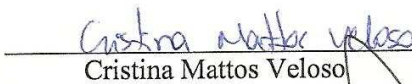
APROVADA: 12 de Julho de 2012.



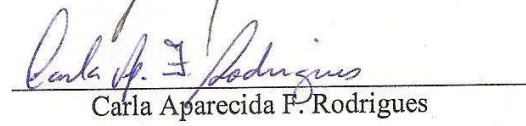
Ricardo Augusto Mendonça Vieira



Augusto César de Queiróz



Cristina Mattos Veloso



Carla Aparecida F. Rodrigues



Marcelo Teixeira Rodrigues  
(Orientador)

*"Se você quer transformar o mundo, experimente primeiro promover o seu aperfeiçoamento pessoal e realizar inovações no seu próprio interior."*

**Dalai Lama**

Ao meu soberano Deus e a Nossa Senhora.

Aos meus queridos pais, Eli e Marlene, de quem tenho amor e respeito.

Aos meus irmãos Rodrigo, Ricardo e Rafael, com os quais sigo compartilhando a vida.

Às minhas sobrinhas Hadassa e Rhannah, anjinhos que tornam minha vida mais bela.

À minha namorada Luciana que admiro e amo.

**Dedico**

## AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Viçosa e ao Departamento de Zootecnia, pela qualidade no ensino.

Ao Orientador Marcelo Teixeira Rodrigues, pelo apoio e oportunidade de seguir numa qualificação profissional superior.

Ao coorientador Ricardo Vieira, pela disposição, prontamente, para orientação.

Às minhas avós, tios e tias, primos e primas Matos e Mendes, por alegrar meus dias, simplesmente por se fazerem presentes ao longo da minha vida.

Às minhas cunhadas Roberta e Vera, pela atenção e carinho.

Àos amigos Nívea e Ronan pela partilha de dias difíceis e de boas risadas.

À Márcia Cândido, Renata Branco e Carla Rodrigues, minhas primeiras “Patroetes”, pelos primeiros ensinamentos no estágio.

Aos meus estagiários Natália, Lucas, Viviane, Karine e Marquinho, e alunos de outras instituições que fizeram estágio obrigatório.

Aos amigos Wender Goiano, Vitor, Aline, Hellen, Leo, Dani, Keko, Andréia e Maycon.

Aos funcionários do capril: João, Arlindo, Ronaldinho, Sr. Manoel, Paulo, Cláudio, Anderson e Corujinha, pela boa vontade e auxílio em tudo que precisei.

## **BIOGRAFIA**

*Rogério da Silva Matos*, filho de Eli Almeida Matos e Marlene da Silva Matos, nasceu em 1º de Junho de 1980, na cidade de Nanuque, MG, e ainda recém nascido retornou para sua casa em Teixeira de Freitas na Bahia, onde foi criado.

Em 2001 aos 20 anos de idade, após concluir os estudos em nível de segundo grau, deixou os amigos e família e foi estudar faculdade de Zootecnia na Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, em Itapetinga.

Após dois anos de curso, já visando uma universidade com pós graduação bem conceituada no país, transferiu seus estudos para a Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa, no estado de Minas Gerais.

Início de 2006 graduou-se em Zootecnia e no mesmo ano ingressava no Mestrado em Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa, na área de concentração em Nutrição e Produção de Ruminantes.

Ao concluir o mestrado em 2008, deu continuidade ao doutorado na mesma universidade e área de concentração.

Em 2009 passou no concurso do Instituto Federal Baiano, e tomou posse em 29 de Abril de 2010. Retornou para sua terra, Bahia, indo morar em Valença.

Em meados de 2012 defendeu a tese de doutorado.

## SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS.....	vii
RESUMO.....	viii
ABSTRACT.....	ix
INTRODUÇÃO GERAL.....	1
REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	3
- Fracionamento de compostos nitrogenados e carboidratos .....	4
- Efetividade física da fibra.....	7
- Degradação ruminal das frações de compostos nitrogenados e carboidratos.....	9
- Fermentação ruminal e crescimento microbiano.....	10
- Características de fontes de fibra na dieta de cabras leiteiras.....	11
REFERÊNCIAS.....	14

### Capítulo I

Cabras em lactação alimentadas com diferentes fontes de fibra.....	18
RESUMO.....	18
ABSTRACT.....	19
INTRODUÇÃO.....	20
MATERIAL E MÉTODOS .....	22
RESULTADOS.....	33
DISCUSSÃO .....	42
CONCLUSÕES .....	50
REFERÊNCIAS.....	51

### Capítulo II

Comportamento ingestivo de cabras em lactação alimentadas com diferentes fontes de fibra .....	57
RESUMO.....	57
ABSTRACT.....	58
INTRODUÇÃO.....	59
MATERIAL E MÉTODOS .....	60
RESULTADOS.....	66
DISCUSSÃO .....	70
CONCLUSÕES .....	73
REFERÊNCIAS.....	74

## LISTA DE TABELAS

### Capítulo I

Tabela 1 – Composição bromatológica dos ingredientes utilizados nas dietas experimentais.....	23
Tabela 2 – Composição bromatológica das dietas experimentais.....	24
Tabela 3 – Consumo de matéria seca e nutrientes em função da dieta e ordem de parto.....	36
Tabela 4 – Consumo das frações dos compostos nitrogenados e dos carboidratos em função da dieta e ordem de parto.....	37
Tabela 5 – Desdobramento da interação entre as dietas e as ordens de parto para os teores das frações A' e B <sub>1</sub> ' de carboidratos consumidos. ....	38
Tabela 6 – Digestibilidade aparente da matéria seca e nutrientes em função da dieta e ordem de parto (g.kg MS <sup>-1</sup> ).....	39
Tabela 7 – Desdobramento da interação entre as dietas e as ordens de parto para a digestibilidade da proteína bruta e carboidratos não fibrosos.....	39
Tabela 8 – Tempo médio de retenção e taxa de passagem do volumoso e concentrado conforme as diferentes fontes de fibra nas dietas experimentais e ordem de parto.....	40
Tabela 9 – Produção e composição do leite em função da dieta e ordem de parto.....	41

### Capítulo II

Tabela 1 – Composição bromatológica dos ingredientes utilizados nas dietas experimentais.....	62
Tabela 2 – Composição bromatológica das dietas experimentais.....	63
Tabela 3 - Médias do tempo de permanência em pé ou deitada, tempo despendido em alimentação, ruminação e ócio, tempo de atividade mastigatória total, em minutos por dia (min.dia <sup>-1</sup> ), mastigação por bolo regurgitado (unidade), tempo de mastigação por bolo regurgitado (segundos), conforme as diferentes fontes de fibra nas dietas experimentais e ordem de parto.....	67
Tabela 4 - Desdobramento da interação entre as dietas e as ordens de parto para o tempo em pé (min.dia <sup>-1</sup> ) e mastigação por bolo regurgitado (unidade).....	67
Tabela 5 – Características do comportamento ingestivo em função da dieta e ordem de parto.....	69

## RESUMO

MATOS, Rogério da Silva, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, julho de 2012. **Fontes de fibra em dietas para cabras leiteiras**. Orientador: Marcelo Teixeira Rodrigues. Coorientadora: Márcia Maria Cândido da Silva.

Avaliou-se o valor nutritivo de dietas com diferentes fontes de fibra de origem forrageira, com fibra fisicamente efetividade equivalentes, para cabras leiteiras. Foram utilizadas noventa e seis cabras leiteiras, com dias em lactação superior a 55 dias, massa corporal de  $51 \pm 7,7$  kg e produção de leite média de  $2,2 \text{ kg.dia}^{-1}$ , distribuídas em um delineamento inteiramente casualizado, em arranjo fatorial  $3 \times 2$ , para avaliar os efeitos de três fontes de fibra: feno de tifton (*Cynodon spp*), silagem de milho (*Zea mays*), feno de alfafa (*Medicago sativa*) e duas ordens de parto (primíparas e múltíparas com ordem de parto de 2 ou 3). Cada fonte de fibra foi submetida a quatro baias, sendo duas baias de primíparas e duas baias de múltíparas, totalizando 12 baias experimentais. O consumo superior de MS para a silagem de milho elevou também o consumo dos nutrientes: proteína bruta, extrato etéreo, carboidrato total, carboidrato não fibroso, e fibra em detergente neutro (FDN), exceto o consumo de lignina em detergente ácido, para a qual a dieta silagem de milho apresentou valor intermediário, diferindo entre o feno de alfafa, que foi superior, e o feno de tifton, que foi inferior. A digestibilidade da MS e nutrientes sofreu efeito das dietas, de modo que o feno de alfafa apresentou todos seus valores inferiores e o feno de tifton e silagem de milho com valores superiores, exceto a digestibilidade da FDN para silagem de milho que não diferiu da FDN do feno de alfafa. O tempo médio de retenção não diferiu, mas houve a evidência para um decréscimo no tempo médio de retenção do volumoso da dieta feno de alfafa. A silagem de milho apresentou maior tempo de ruminação e o feno de tifton, o menor tempo de ruminação, enquanto o maior tempo alimentando foi para o feno de alfafa e de tifton. Houve efeito estatístico para ordem de parto nos tempos de ruminação, alimentando, atividade mastigatória e ócio (TO) em que as primíparas estiveram superiores às múltíparas exceto para TO. O tempo de alimentação por kg de FDN foi maior para o feno de alfafa e menor para a silagem de milho. Já na ruminação, os animais passaram maior tempo ruminando tanto o kg de MS quanto o kg de FDN da silagem de milho, enquanto a dieta de feno de tifton manifestou menor tempo de ruminação por kg de FDN. Com o efeito da ordem de parto, as primíparas foram mais eficientes do que as múltíparas tanto na alimentação quanto na ruminação. Conclui-se que a qualidade da fibra da dieta, em dietas isofibrosas apresentando efetividade física equivalente, influencia nas respostas fisiológicas e no comportamento ingestivo das cabras em lactação.

## ABSTRACT

MATOS, Rogério da Silva, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, July, 2012. **Sources of fiber in diets for dairy goats**. Adviser: Marcelo Teixeira Rodrigues. Co-adviser: Márcia Maria Cândido da Silva.

Evaluate the nutritional value of diets with different fiber sources of forage source, with equivalent physically effective fiber, for dairy goats. Were used ninety-six dairy goats, with days in lactation exceeding 55 days, body weight of  $51 \pm 7.7$  kg and average milk production of  $2.2 \text{ kg} \cdot \text{day}^{-1}$ , distributed in a completely randomized design in factorial  $3 \times 2$ , to evaluate the effects of three fiber sources: tifton hay, corn silage, alfalfa hay and two kidding order (primiparous and multiparous with kidding order of 2 or 3). Each source of fiber was subjected to four housed, two housed of primiparous and two multiparous housed, totaling 12 experimental housed. The higher dry matter (DM) intake for corn silage was also the intake of nutrients: crude protein, ether extract, non-fibrous carbohydrate, total carbohydrate, and neutral detergent fiber (NDF), except the intake of acid detergent lignin, for which corn silage diets showcased intermediate value, differing from the alfalfa hay, which was superior, and the tifton hay, which was inferior. The digestibility of DM and nutrients suffered effect of diets, so that the alfalfa hay showed all their lower values and the hay and corn silage tifton with higher values, except the NDF digestibility for corn silage that did not differ from the FDN of alfalfa hay. The average time of retention did not differ, but there was evidence for a reduction in the average time of retention of forage alfalfa hay diet. Corn silage has increased rumination and tifton hay, the shortest time of rumination, while the longest was for feeding alfalfa hay and tifton. There was statistical effect for kidding order in rumination, feeding, chewing activity and idling times, in which primiparous were higher than multiparous except for idling times. Feeding time per kg NDF was greater for alfalfa hay and corn silage for less. Already in rumination, the animals spent higher rumination time for Kg DM and the kg NDF of corn silage, while the tifton hay diet was the shortest rumination time per kg NDF. With the effect of kidding order, primiparous were more efficient than multiparous both in feeding and rumination. It is concluded that the quality of diet fiber in diets with similar fiber content, showing equivalent physical effective fiber, influence on physiological responses and ingestive behavior of lactating goats.

## INTRODUÇÃO GERAL

É possível que a resposta animal em sistemas de produção em confinamento possa ser simulada através de modelos mecanicistas, como o CNCPS (Cornell Net Carbohydrate and Protein System). De acordo com este sistema, a proteína e os carboidratos utilizados na alimentação dos ruminantes são fracionados de acordo com sua composição química, características físicas, degradação ruminal e digestibilidade intestinal. Este fracionamento é essencial para compreender o funcionamento dos sistemas nutricionais. Com a estimativa dos parâmetros cinéticos dessas frações no trato gastrintestinal, é possível adequar o fornecimento de rações, visando à máxima eficiência de síntese de proteína microbiana. Ademais, pode-se reduzir perdas nitrogenadas e energéticas decorrentes da fermentação ruminal pela melhor formulação de dietas, visando maximizar a sincronização da degradação de nitrogênio e carboidratos no rúmen (Sniffen et al., 1992).

A demanda de energia para manutenção e produção dos animais é considerada como o principal fator determinante do consumo de alimentos. Portanto o consumo dos animais torna-se um dos principais desafios daqueles envolvidos com a produção animal. As forrageiras tropicais são reconhecidas por apresentarem elevada concentração de fibra, além de sofrerem um processo de lignificação da parede celular bastante precocemente. A consequência disso é a redução do consumo, causada por alterações sobre a dinâmica de degradação e de trânsito no rúmen, determinando a energia disponível para a produção microbiana, a eficiência de utilização da energia metabolizável e a partição de nutrientes, afetando, assim, o desempenho animal.

A espécie caprina apresenta característica diferenciada quanto ao hábito de alimentação, com a prática da seleção de partículas da dieta, quando diante de alimentos fibrosos e, com isso, os valores relativos de tempo médio de renovação ruminal são menores que nos ruminantes de maior massa. Espécies de tamanhos diferentes precisam ter uma capacidade gastrintestinal proporcional ao peso metabólico, que é proporcionalmente maior nos animais pequenos. Como a composição química e estrutura física de um alimento definem sua taxa de biodegradação, a eficiência digestiva dos pequenos ruminantes é limitada por sua capacidade de reter a digesta por tempo suficiente para extrair seus nutrientes, o que depende do tamanho corporal. Resta-lhes ingerir partes mais tenras da planta e digerí-las eficientemente, para compensar a menor capacidade de ingestão (Van Soest, 1994 e 1996).

Quantidade adequada de fibra na dieta é exigida para promover maiores mastigação e ruminação e maior produção de saliva, que irá contribuir para o tamponamento do pH ruminal e saúde do rúmen. Além do nível químico de fibra, a dieta de ruminantes precisa apresentar fibra

fisicamente efetiva, para garantir o sucesso na produção, a qual tem forte impacto sobre consumo, ruminação e taxa de passagem (Mertens, 1997)

Reconhecida a importância do tamanho de partículas e do nível de fibra na dieta de cabras leiteiras (Branco, 2005; Carvalho, 2006; Felisberto, 2011), faz-se necessário estudar os efeitos de dietas com fibra fisicamente isofetivas, analisando a interação entre os constituintes da fibra oriunda de diferentes fontes de forrageiras para cabras leiteiras, considerando as peculiaridades da espécie.

Com isso, o atual trabalho visa avaliar o valor nutritivo de dietas com diferentes fontes de fibra de origem forrageira, com fibra fisicamente efetividade equivalentes, para cabras leiteiras.

## REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### - Cornell Net Carbohydrate and Protein System (CNCPS)

O sistema Weende para análise proximal é utilizado para medir componentes como fibra bruta, extrato etéreo, matéria seca e nitrogênio total, sendo o extrato não nitrogenado calculado por diferença. Entretanto, este sistema não pode ser usado para prever de forma mecanicista o crescimento microbiano, porque a fibra bruta não representa toda a fibra da dieta, o extrato não nitrogenado não representa acuradamente os carboidratos não fibrosos e a proteína bruta precisa ser descrita por frações relacionadas com as suas características de degradação ruminal (Fox, 2003). Este sistema foi amplamente utilizado, por mais de um século, na quantificação da proteína e energia sem considerar as diferentes frações disponíveis nos alimentos.

O Cornell Net Carbohydrate and Protein System (CNCPS) foi criado na Universidade de Cornell, nos EUA, por uma equipe liderada por pesquisadores do Departamento de Zootecnia daquela Instituição. Com esse sistema, é possível simular os efeitos de ingestão do alimento, fermentação ruminal, digestão intestinal, absorção e metabolismo sobre a utilização do nutriente e, subsequentemente, o desempenho animal. Trata-se de um modelo com base mecanicista, ou seja, baseado em teorias ou princípios biológicos, químicos e físicos conhecidos, com o objetivo de melhorar a predição da resposta animal, bem como o uso de recursos disponíveis nas propriedades e reduzir o impacto ao meio ambiente, tais como excesso de nutrientes no solo e sobre a qualidade da água. Difere de modelos empíricos, que são baseados em relacionamentos derivados diretamente de observações sobre o sistema, neste caso o organismo dos animais.

O CNCPS assume que os alimentos são compostos por proteína, carboidratos, gorduras, minerais, vitaminas e água. Proteínas e carboidratos são subdivididos pela composição química, características físicas, taxas de degradação e características de digestibilidade pós-ruminal, de modo a poder prever valores de proteína metabolizável e de energia líquida para cada alimento, com base nas interações entre essas variáveis.

As frações de proteínas e carboidratos, bem como suas taxas de degradação, são utilizadas para computar a quantidade de nutrientes disponíveis para dar suporte à fermentação ruminal, para cada um dos grupos de microrganismos, conforme descrito por Russel et al. (1992).

## **- Fracionamento de compostos nitrogenados e carboidratos**

### **- Compostos nitrogenados**

A proteína contida nos alimentos dos ruminantes é composta por uma fração degradável no rúmen (PDR) e uma fração que escapa da degradação ruminal (PNDR). A degradação de proteínas no rúmen ocorre por meio da ação de enzimas secretadas pelos microrganismos ruminais (Ørskov & McDonald, 1979).

As exigências de proteína metabolizável dos ruminantes são atendidas pela proteína microbiana sintetizada no rúmen e pela proteína dietética que escapa à fermentação ruminal, o que torna a nutrição proteica dos ruminantes bastante complexa.

O modelo denominado CNCPS apresenta um procedimento mais complexo para determinar a PDR e PNDR dos alimentos. Esse modelo utiliza reagentes químicos para determinar as frações proteicas, que são divididas em cinco: A, B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>3</sub> e C, descritas a seguir (Licitra et al., 1996):

Fração A - representa os componentes nitrogenados de natureza não proteica (NNP), que são instantaneamente solubilizados, e sua taxa de degradação tende ao infinito. Sua determinação química é realizada como a proporção da proteína solúvel em solução de tampão borato-fosfato que não precipita em ácido tricloroacético (TCA);

A fração B representa a fração potencialmente degradável e é dividida em três frações, de acordo com suas taxas de degradação, sujeitas aos efeitos de passagem, como:

Fração B<sub>1</sub> - representa a fração da proteína verdadeira solúvel em tampão borato-fosfato, mas que precipita em TCA (rapidamente degradada no rúmen);

Fração B<sub>2</sub> - representa a fração de proteína insolúvel em tampão borato-fosfato presente no conteúdo celular, sendo obtida pela diferença entre o valor total da proteína do alimento e a soma das frações A, B<sub>1</sub>, B<sub>3</sub> e C e apresenta taxa de degradação intermediária;

Fração B<sub>3</sub> - é calculada como a diferença entre a fração da proteína recuperada no resíduo insolúvel em detergente neutro (FDN) e a recuperada no resíduo insolúvel em detergente ácido (FDA). Essa fração representa a proteína potencialmente degradável existente na parede celular das plantas, sendo lentamente degradada no rúmen;

Fração C - representa a proteína que está ligada à FDA e não é degradada no rúmen. Contém proteínas associadas à lignina, taninos e produtos da reação de Maillard, sendo conhecida como proteína insolúvel em detergente ácido, ou PIDA.

Porém, em alguns trabalhos, tem-se utilizado somente quatro frações proteicas (A, B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub> e C) ao invés das cinco inicialmente propostas (A, B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>3</sub> e C). Este uso é justificado pelo fato de as

frações B<sub>1</sub> e B<sub>2</sub> encontrarem-se no conteúdo celular e se comportarem de forma nutricionalmente uniforme (Van Soest, 1994; Broderick, 1995; Favoreto et al., 2008). Além disso, as técnicas laboratoriais utilizadas nesse fracionamento são mais simples, tornando tais procedimentos mais acessíveis às análises de rotina nos laboratórios.

Com os dados das análises dos alimentos fracionados é possível traçar um planejamento nutricional mais eficiente, de forma a obter melhor aproveitamento dos nutrientes por parte dos microrganismos ruminais. Ribeiro et al. (2001) avaliaram fenos de capim-tifton 85 sob diferentes idades de rebrotação (28, 35, 42 e 56 dias) e verificaram que os valores das frações proteicas A, B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>3</sub> e C, expressos como percentagem da PB, variaram entre 22,10 e 35,53%; 0,24 e 4,55%; 30,37 e 31,34%; 26,55 e 36,62%; e 5,75 e 6,76%, respectivamente, nos fenos com idades de 28 a 56 dias. A proporção de proteína com taxa de degradação intermediária (B<sub>2</sub>) foi semelhante entre as idades, enquanto que a fração B<sub>3</sub> foi similar entre os fenos mais jovens. Os autores sugeriram que, quanto maior os valores das frações A e B<sub>1</sub>, maior é a necessidade de suprimento de carboidratos de rápida degradação para adequado sincronismo de fermentação de proteína e carboidratos no rúmen.

### **- Carboidratos**

Os carboidratos são os principais constituintes das plantas forrageiras, correspondendo de 50 a 80% da MS das forrageiras e cereais. As características nutritivas dos carboidratos das forrageiras dependem dos açúcares que os compõem, das ligações entre eles estabelecidas e de outros fatores de natureza físico-química (Van Soest, 1994). A fermentação de carboidratos no rúmen leva à produção de ácidos graxos voláteis, que são as principais fontes de energia para os ruminantes. A composição química, bem como as características físicas e cinéticas de digestão são características dos carboidratos que influenciam o consumo de matéria seca, digestão e utilização da ração total (Mertens, 1992).

Os carboidratos são classificados em estruturais, presentes na parede celular, e não estruturais, presentes no conteúdo celular (Sniffen et al., 1992). Exclui-se desta classificação a pectina, pois trata-se de um carboidrato estrutural presente na parede celular, mas que possui taxa de degradação similar à dos constituintes do conteúdo celular. Dessa forma, a classificação proposta por Sniffen et al. (1992) refere-se às características estruturais que os carboidratos apresentam na planta e não às características nutricionais.

Em termos nutricionais, a classificação dos carboidratos em fibrosos (CF) e não fibrosos (CNF) tem por base as características nutritivas e não a função estrutural exercida na planta. Nessa classificação, os CNF representam as frações degradadas mais rapidamente e incluem açúcares,

amido e pectina. Os carboidratos fibrosos (CF) estão presentes na parede celular e incluem celulose e hemicelulose, os quais são lentamente degradados e ocupam espaço no trato gastrintestinal (Mertens, 1996).

Associados à parede celular podem ser encontrados componentes químicos de natureza diversa, como a lignina. Esta tem a natureza de um polímero fenólico, que se associa aos carboidratos fibrosos, celulose e hemicelulose, durante o processo de formação da parede celular e está correlacionada à indigestibilidade dos nutrientes (Van Soest, 1994; Brett; Waldron, 1996).

Segundo o sistema CNCPS, os carboidratos totais são classificados em quatro frações, de acordo com suas taxas de degradação no rúmen:

Fração A' – compreende os açúcares solúveis prontamente disponíveis e que apresentam taxa de degradação de 2,50 a 5,00 h<sup>-1</sup>;

Fração B<sub>1</sub>' - compreende os carboidratos não fibrosos (amido e pectina) com taxa de degradação intermediária de 0,30 a 0,70 h<sup>-1</sup>;

Fração B<sub>2</sub>' - compreende os carboidratos fibrosos, celulose e hemicelulose, com lenta taxa de degradação (0,03 a 0,20 h<sup>-1</sup>);

Fração C' - parte indegradável dos componentes fibrosos presentes na parede celular, composta principalmente pela lignina (NRC, 1996).

O modelo CNCPS considera como carboidratos fibrosos as frações B<sub>2</sub>' e C', que representam, respectivamente, a fibra potencialmente digestível e a indisponível, ambas presentes na parede celular. Os carboidratos não fibrosos são representados pelas frações A' e B<sub>1</sub>', que correspondem aos açúcares, amido e pectina. Esta última, apesar de estar presente na parede celular das plantas, apresenta degradação ruminal próxima aos constituintes do conteúdo celular.

Alguns trabalhos foram conduzidos no Brasil para avaliar as frações de carboidratos em forrageiras tropicais. Nesse sentido, Cabral et al. (1999) avaliaram o capim tifton-85 sob duas alturas de corte (30 e 50 cm) e verificaram que, para a altura de 30 cm, os valores das frações A'+B<sub>1</sub>', B<sub>2</sub>' e C' foram, respectivamente, 14,67; 68,72 e 16,60%; já para a altura de 50 cm, os valores corresponderam à 11,87; 68,76 e 19,37%, respectivamente. Com o acréscimo da altura, e conseqüentemente da maturidade da planta, ocorreu aumento da fração C' em 17%, redução do CNF em 19%, e pouca variação nos teores da fração B<sub>2</sub>'. O aumento da fração C' pode ser, em parte, atribuído ao aumento de 23% na concentração de lignina na FDN. Neste trabalho, foi observado que a grande totalidade dos carboidratos correspondeu à fração B<sub>2</sub>', mostrando que alimentos volumosos, com altos teores de FDN, possuem maior proporção da fração B<sub>2</sub>', ou seja, fibra potencialmente digestível.

A disposição da fibra nas diferentes fontes de volumosos pode influenciar a composição das frações dos carboidratos. Silva et. al. (2009), trabalhando com três diferentes forrageiras do gênero *Cynodon* observou maiores valores de CNF ( $A'+B_1'$ ) para o Coastcross (15,41%), seguido por Tifton 85 (11,60%) e Tifton 68 (10,12%), sendo os dois últimos similares. Não houve diferença para a fração  $B_2$  (carboidratos fibrosos potencialmente digestíveis) entre as forrageiras estudadas. Com relação à fração C, carboidratos fibrosos indisponíveis, maior valor foi observado para Tifton 68, uma vez que apresentou menor valor de CNF, ou seja, as frações são inversamente proporcionais. Esta característica pode ser observada com a forrageira Coastcross, que apresentou maior valor de CNF e, conseqüentemente, menor valor de CF indisponíveis. Contudo, concluem que as frações de CNF ( $A'+B_1'$ ) das forrageiras em estudo apresentaram valores considerados satisfatórios quando comparados a resultados obtidos na literatura, o que constitui fato positivo, uma vez que demonstra que estas espécies podem garantir o sincronismo na fermentação entre carboidratos e proteína no rúmen, levando a uma melhor adequação energética ruminal e promovendo melhor crescimento microbiano (Malafaia et al., 1998; Sniffen et al., 1992), principalmente no caso do Coastcross, com maior fração solúvel que as demais forrageiras.

#### **- Efetividade física da fibra**

Na nutrição de ruminantes, presume-se que o consumo voluntário de alimentos ocorre até que a demanda energética dos animais seja alcançada (Forbes, 1977). Os carboidratos constituem a principal fonte de energia na dieta de herbívoros, em especial de ruminantes, participando em até 80% da matéria seca da ração.

O fracionamento dos carboidratos em componentes fibrosos e não fibrosos fornece um meio de separar os alimentos em frações com propriedades funcionais distintas (Mertens, 1997). Neste sentido, a fibra pode ser nutricionalmente definida como a fração indigestível ou lentamente digestível dos alimentos, que ocupa espaço no trato gastrintestinal dos animais. Tais atributos cinéticos e físicos específicos da fração fibrosa podem limitar o consumo de alimentos pelos animais, não permitindo que estes alcancem sua demanda energética para manutenção corporal e produção.

Quantidades adequadas de fibra na dieta são exigidas para promover maior mastigação, ruminação e produção de saliva, que irá contribuir para o tamponamento do pH ruminal. Além do nível, a fibra na dieta de ruminantes precisa apresentar efetividade física, para garantir o sucesso na produção, a qual tem forte impacto sobre consumo, ruminação e taxa de passagem.

A efetividade da fibra foi definida por Mertens (1997) de duas maneiras: FDN fisicamente efetiva, que estaria relacionada às características físicas da fibra, principalmente com o tamanho de partícula e que influenciaria a atividade mastigatória e a natureza bifásica do conteúdo ruminal (*mat* ruminal) porque estaria relacionado à concentração de fibra, ao tamanho de partícula e à redução de partícula e FDN efetiva, que seria a capacidade total de um alimento em substituir uma quantidade de forragem em uma dieta, de maneira que a porcentagem de gordura do leite produzido pelos animais comendo esta dieta seja efetivamente mantida.

Geralmente, níveis elevados de fibra e baixa concentração de energia disponível na dieta são reconhecidos por limitar o consumo de alimentos pelos animais devido à distensão física do retículo-rúmen em resposta ao elevado volume de plantas forrageiras (Balch & Campling, 1962; Baile e Forbes, 1974, citados por Mertens, 1994). Por outro lado, níveis muito reduzidos de fibra e elevada concentração energética na dieta permitem que os animais alcancem a demanda energética mais rapidamente. Porém, podem trazer prejuízos quanto à fermentação normal no rúmen e consequentes efeitos sobre o teor de gordura do leite e saúde animal.

A concentração de FDN nos alimentos ou dietas é negativamente correlacionada com a concentração de energia, logo, a proporção de FDN na sua composição química afeta a digestibilidade da fração. Devido a isso, alimentos ou dietas com concentrações similares de FDN não necessariamente deverão ter similares concentrações de energia. Assim, certos alimentos ou dietas com alto teor de FDN podem ter mais energia, que poderá tornar-se disponível, do que outro alimento ou dieta com menor concentração de FDN, somente devido à composição desta fração (NRC, 2001). Assim sendo, a máxima quantidade de FDN que poderia ser incluída na dieta é uma função das exigências energéticas dos animais. Mas há um consenso de que uma mínima quantidade de FDN deve ser incluída com o objetivo de manter a saúde ruminal e dos animais.

Ao se considerar uma capacidade semelhante de extrair nutrientes do alimento, espécies de tamanhos diferentes precisam ter uma capacidade gastrointestinal proporcional ao peso metabólico, que é proporcionalmente maior nos animais pequenos. Como a composição química e estrutura física de um alimento definem sua taxa de biodegradação, a eficiência digestiva dos pequenos ruminantes é limitada por sua capacidade de reter a digesta por tempo suficiente para extrair seus nutrientes, o que depende do tamanho corporal. Resta-lhes ingerir alimentos de melhor qualidade e digerí-los eficientemente, para compensar a menor capacidade de ingestão (Van Soest, 1994).

Diferenças na quantidade e nas propriedades físicas da fibra podem afetar a utilização da dieta e consequentemente a performance dos animais (Mertens, 1997). Porém o isolamento destes efeitos específicos da fibra sobre o desempenho dos animais é complexo devido a uma confusão

entre fatores, porém extremamente necessário quando se pretende maximizar a partição de nutrientes e o desempenho animal.

Reconhecida a importância dos níveis de fibra na dieta, existem outros fatores que podem afetar o uso mais eficiente da fibra pelos animais, como: a razão entre CNF e CF (Bomfim, 2003), o grau de lignificação das forrageiras (Branco, 2005), entre outros. Enfim, entender as relações entre as frações dos nutrientes, principalmente da entidade fibra, em dietas com mesmo teor de fibra fisicamente efetiva, é o que se busca com o presente trabalho.

### **- Degradação ruminal das frações de compostos nitrogenados e carboidratos**

Nos trabalhos realizados por Sniffen et al. (1992) e Russell et al. (1992) para desenvolver o sistema CNCPS, foi enfatizada a necessidade da sincronização na degradação de compostos nitrogenados e carboidratos no rúmen, para que se obtenha a máxima eficiência de síntese de proteína microbiana, bem como redução das perdas nitrogenadas e energéticas decorrentes da fermentação ruminal. Por meio de modelos mecanicistas é possível estimar a quantidade de proteína microbiana sintetizada, escape ruminal de nutrientes e proteína metabolizável, a partir dos dados relativos às frações de proteínas e carboidratos e suas respectivas taxas de degradação ruminal.

O conhecimento da cinética de degradação ruminal da proteína dos alimentos é fundamental para formular dietas com quantidades adequadas de proteína degradável no rúmen, a fim de suprir as necessidades dos microrganismos ruminais, e adequadas quantidades de proteína não degradável no rúmen.

As frações de carboidratos bem como suas taxas de degradação são utilizadas para computar a quantidade de nutrientes disponíveis para dar suporte à fermentação ruminal para cada grupo de microrganismo. Segundo Nocek & Russell (1988), a taxa de digestão do alimento no rúmen e, particularmente, o sincronismo entre a taxa de digestão das proteínas e dos carboidratos podem ter importante efeito sobre os produtos finais da fermentação e, conseqüentemente, sobre a produção animal.

Alimentos com altas proporções das frações proteicas A e B<sub>1</sub>, e com as respectivas taxas de digestão elevadas, podem ocasionar grandes perdas de amônia, quando não suplementados com fontes de carboidratos de rápida degradação ruminal. Nesse sentido, para que ocorra eficiente síntese microbiana no rúmen, torna-se necessário bom sincronismo na fermentação de proteínas e carboidratos, com o objetivo de se obter melhorias no desempenho animal (Nocek & Russell, 1988).

Determinadas frações dos alimentos apresentam período de latência em que não se verifica a degradação do substrato. Durante esse período, pode ocorrer hidratação das partículas do alimento, remoção de substâncias inibidoras, eventos ligados à adesão e efetiva colonização das partículas do alimento pelos microrganismos ruminais, de modo que, antes do término desta fase, o alimento permanece inalterado no rúmen, a não ser por ação mecânica. Os processos envolvidos durante o período de latência inicial são dependentes do tempo, pois são realizados gradualmente ao longo do tempo. Essa dependência do tempo, possivelmente explica a curvatura inicial presente em gráficos de degradação *in vitro* ou *in situ* (Vieira et al., 2008). Desse modo, é justificável a utilização de modelos que determinam a contribuição do período de latência como tempo-dependente sobre a cinética de degradação ruminal (Mertens, 1977; McDonald, 1981; Pereira, 2000; Vieira et al., 2008).

Malafaia et al. (1997) avaliaram a cinética ruminal das frações proteicas de algumas gramíneas tropicais, como o capim tifton-85, capim-elefante, *Brachiaria brizantha* e *Brachiaria decumbens*, e encontraram para a fração B<sub>1</sub> da proteína taxas de degradações de 1,913; 0,697; 1,322 e 0,783 h<sup>-1</sup>, respectivamente. Para essas mesmas forrageiras, as frações B<sub>2</sub> e B<sub>3</sub> foram de 0,013 e 0,001; 0,017 e 0,0006; 0,011 e 0,002; 0,011 e 0,009 h<sup>-1</sup>, respectivamente. As taxas de degradação das frações proteicas foram realizadas utilizando proteases extraídas do líquido ruminal, segundo técnica proposta por Kohn & Allen (1995).

Ribeiro et al. (2001), ao avaliar o feno de capim-tifton 85, encontraram valores para as taxas de degradação das frações proteicas entre 0,319 e 1,324; 0,072 e 0,094; e 0,008 e 0,012 h<sup>-1</sup>, respectivamente, para as frações proteicas B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub> e B<sub>3</sub>, nos fenos entre 28 e 56 dias de idade. As taxas de digestão das frações A'+B<sub>1</sub>' de carboidratos pouco variaram entre os fenos de diferentes idades, apresentando valores entre 0,181 e 0,200 h<sup>-1</sup>. Segundo esses autores, alimentos com altas proporções das frações proteicas A e B<sub>1</sub>, com as respectivas taxas de digestão elevadas, podem ocasionar maiores perdas de amônia, quando não suplementados com fontes de carboidratos de rápida degradação ruminal.

### **- Fermentação ruminal e crescimento microbiano**

O submodelo do rúmen, que prediz a fermentação e a digestão dos alimentos, é de grande importância ao CNCPS. A quantidade e a qualidade dos produtos da fermentação são dependentes dos tipos e atividades dos microrganismos, sendo o ecossistema ruminal bastante diverso (Sniffen et al., 1992).

A fermentação ruminal, por apresentar inúmeras inter-relações entre os diversos microrganismos, tem confundido as predições do desempenho animal a partir dos ingredientes dietéticos. Dessa forma, muitos pesquisadores da área pressupõem que o ecossistema ruminal é tão complexo que não pode ser entendido ou descrito em termos quantitativos (Russell et al., 1992).

O CNCPS, descrito por Russell et al. (1992) e Sniffen et al. (1992) propõe a divisão do ecossistema ruminal em dois grupos microbianos: os microrganismos que fermentam CF e microrganismos que fermentam CNF. Geralmente, os microrganismos que fermentam CF (celulose e hemicelulose) crescem mais lentamente, e utilizam amônia como preferencial fonte de nitrogênio para síntese de proteína microbiana.

Em contraste, os microrganismos que fermentam CNF (amido, pectina e açúcares) crescem mais rapidamente e podem utilizar amônia e aminoácidos como fontes de nitrogênio. Os microrganismos fermentadores de CF e CNF têm diferentes requisitos de manutenção. O CNCPS estima 0,05 e 0,15 g de carboidratos por g de microrganismo por hora, respectivamente, e a eficiência de crescimento das bactérias que digerem CNF é otimizada na presença de peptídeos. Assim, o requisito de proteína degradável é para suportar a ótima utilização de CF e CNF para atender as respectivas exigências de crescimento microbiano (Fox, 2003).

A taxa de crescimento microbiano de cada categoria é diretamente proporcional à taxa de digestão de carboidratos, desde que uma adequada fonte de nitrogênio esteja disponível. Uma deficiência de nitrogênio no rúmen reduz o crescimento microbiano e a digestão da fibra. Baseado no modelo publicado por Tedeschi et al. (2000) e Fox et al. (2004) o submodelo do rúmen do CNCPS é sensível aos efeitos da deficiência de nitrogênio ruminal sobre as taxas de digestão da forragem. Com o uso desse modelo, é possível quantificar redução na quantidade de bactérias que utilizam CF e, dessa forma, contabilizar a queda na fermentação dos mesmos, ocasionadas por deficiência de nitrogênio no rúmen.

#### **- Características de fontes de fibra na dieta de cabras leiteiras**

Animais em sistemas intensificados de produção permanecem confinados durante todo o tempo, tendo acesso a uma área para tomar sol e fazer exercícios. E, por não terem acesso ao pasto, recebem toda alimentação diária no cocho. Sendo assim, os alimentos são fornecidos na forma de feno, de verde picado ou de silagem.

A forragem pode ser estocada na propriedade para ser fornecida ao longo do ano, desde que, ao ser cortada, passe pelo processo de fermentação (ensilagem) ou desidratação (fenação) para ser conservada.

A ensilagem é uma técnica que consiste em preservar forragens por meio de fermentação anaeróbica, após o seu corte, picagem, compactação e vedação em silos. O produto final dessa fermentação, denominado silagem, é obtido pela ação de microrganismos sobre os açúcares presentes nas plantas com a produção de ácidos, resultando em queda do pH até valores próximos de 4 (McDonald et al., 1991). Já o feno é a forragem desidratada, em que se procura manter o valor nutritivo original da forrageira. Retirando-se a água da forragem, ela pode ser armazenada por muito tempo, sem comprometimento da qualidade (Macdonald e Clark, 1987). Em condições econômicas, o feno de gramíneas pode ser feito no próprio campo, usando-se, para desidratação, somente a energia do Sol e do vento.

As gramíneas de clima tropical possuem teores de proteína bruta (PB) inferiores ao das espécies de clima temperado. Esse baixo teor de PB é devido à presença da via fotossintética  $C_4$ . As plantas  $C_4$  têm maior eficiência na retirada de  $CO_2$  do meio e, com isso, possuem menor proporção da enzima Rubisco que as  $C_3$ , apresentando, assim, menor concentração de nitrogênio em seus tecidos fotossinteticamente ativos. Além disso, apresentam maior densidade de feixes vasculares em relação às  $C_3$ . Esses feixes vasculares são circundados por células da bainha parenquimática, ou seja, apresentam maior proporção de CF (Van Soest, 1994).

As leguminosas, com anatomia foliar típica de espécies  $C_3$ , apresentam teores proteicos mais elevados, que possuem alto valor biológico, com composição aminoacídica de alta qualidade, e suas folhas possuem os feixes vasculares circundados por uma bainha de parede espessa na face interna e uma bainha de parede mais delgada externamente. Seus feixes vasculares são separados por um mesófilo com células esparsamente arranjadas. Nas gramíneas  $C_4$ , existe uma bainha de células grandes e com parede celular até cinco vezes mais espessa do que as células do mesófilo, em torno do feixe vascular (Van Soest, 1994).

A planta forrageira de clima tropical, em relação àquela de clima temperado, é caracterizada por baixos teores de CNF e pela elevada proporção de CF. Esta característica ocorre devido à alta proporção de tecidos vasculares, comuns nas plantas  $C_4$  (Van Soest, 1994).

O declínio na qualidade, normalmente, está associado à deposição de tecidos estruturais lignificados. As leguminosas tropicais apresentam maior conteúdo de lignina e de proteína e menor conteúdo de parede celular do que as gramíneas tropicais, e maior conteúdo de parede celular e de lignina do que as leguminosas temperadas. Os valores de lignina são elevados pela presença de taninos na maioria das leguminosas tropicais (Van Soest, 1994).

Os volumosos utilizados no atual experimento, feno de tifton-85, silagem de milho e feno de alfafa, são caracterizados como fontes de fibra, embora com diferentes proporções na composição química. O milho é uma gramínea ( $C_4$ ) rica em energia, sendo, então, necessário um balanceamento da dieta com uma fonte de proteína, enquanto a alfafa é uma leguminosa ( $C_3$ ), apresentando maior teor de proteína. Logo, esta dieta depende de suplementação energética para balancear mais adequadamente os nutrientes para os animais em produção. O tifton é uma gramínea ( $C_4$ ) que, nutricionalmente, ocupa uma posição intermediária entre os volumosos silagem de milho e feno de alfafa.

As forrageiras do gênero *Cynodon* apresentam elevado potencial de produção de forragem de boa qualidade, sendo usadas nas formas de pastejo e feno (Martinez et al., 1980; Remy e Martinez, 1983; Vilela & Alvim, 1998).

Entre as plantas utilizadas para o processo de ensilagem, o milho (*Zea mays*, L.) destaca-se como a planta mais indicada para esta prática, em decorrência de sua fácil conservação dentro do silo e de seu alto valor nutritivo.

Para a alimentação de ruminantes, a alfafa pode ser considerada como a forrageira que reúne grande número de características desejáveis. Em relação às gramíneas, evidenciam-se o seu conteúdo de carboidratos solúveis e de parede celular e alto conteúdo de proteína verdadeira (Waldo & Jorgensen, 1981).

Cabral et al. (2004) observaram que a silagem de milho destaca-se pela maior proporção de seus compostos nitrogenados na forma de nitrogênio não proteico e o feno de capim-Tifton-85, pela elevada proporção de frações  $B_1+B_2$  e  $B_3$ . A silagem de milho destaca-se pela elevada proporção de CNF e o feno de capim-Tifton-85 pelo elevado teor das frações  $B_2'$  e  $C'$ . As taxas de digestão das frações  $B_1+B_2$  e  $B_3$  da PB variaram de 0,008 a 0,076  $h^{-1}$  para o feno de capim-Tifton-85 e a silagem de capim-elefante, respectivamente. As taxas de digestão estimadas para os CNF e a fração  $B_2'$  variaram de 0,129 a 0,190  $h^{-1}$  e de 0,025 a 0,030  $h^{-1}$ , para o feno de capim-Tifton-85 e a silagem de milho, respectivamente. Os autores concluíram que a silagem de milho é uma fonte de energia, proveniente dos CNF presentes na sua constituição. O feno de capim-Tifton-85 apresenta elevado teor de CF e é uma boa fonte da fração  $B_3$  da proteína.

De acordo com Mertens & Ely (1979), as principais diferenças entre a alfafa e o capim-*coastcross* estão relacionadas ao teor de FDN, ao conteúdo de lignina, à proporção de FDN:lignina e à velocidade com que os mesmos são digeridos.

Nos trópicos, as forragens, independentemente da forma como são ministradas, apresentam concentração relativamente alta de parede celular, a qual limita o consumo pela distensão do trato gastrointestinal, antes que a demanda de energia seja atendida (Owens & Goetsch, 1986). Nesse tipo

de controle, a taxa com que a digesta deixa o rúmen representa fator importante na regulação da ingestão diária. A extensão e a taxa de degradação do tecido vegetal, a partir da mastigação inicial, da ruminação subsequente e da degradação pelas bactérias no rúmen, influenciam a taxa de passagem pelo trato digestório (Owens & Goetsch, 1986).

## REFERÊNCIAS

- BAILE, C. A. and J. M. FORBES. Control of feed intake and regulation of energy balance in ruminants. **Physiological Reviews**. 54:160, 1974.
- BALCH, G.C., CAMPLING, R.C. Regulation of voluntary intake in ruminants. **Nutrition Abstracts and Reviews**, 32:669-686. 1962.
- BOMFIM, M.A.D. **Carboidratos solúveis em detergente neutro em dietas de cabras leiteiras**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2003. 119 p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa. 2003.
- BRANCO, R.H. **Avaliação da qualidade da fibra sobre a cinética ruminal, consumo e eficiência de utilização de nutrientes em cabras leiteiras**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2005. 151p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa. 2005.
- BRETT, C. T.; WALDRON, K.W. Physiology and biochemistry of plant cell walls. 2<sup>th</sup>ed. **Cambridge C&H Books**, 1996.
- BRODERICK, G.A. Methodology for the determining ruminal degradability of feed proteins In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS DE RUMINANTES, Viçosa, 1995. **Anais...** Viçosa: DZO, p.139-176, 1995
- CABRAL, L.S., VALADARES FILHO, S.C., MALAFAIA, P.A.M. et al. Frações proteicas de alimentos tropicais e suas taxas de digestão estimadas através da incubação com proteases oriundas da microbiota ruminal. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 36, 1999, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: SBZ, p.261, 1999.
- CABRAL, L.S.; VALADARES FILHO, S.C.; DETMANN, E. et al. Taxas de digestão das frações proteicas e de carboidratos para as silagens de milho e de capim-elefante, o feno de capim-Tifton-85 e o farelo de soja. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.6, p.1573-1580, 2004.
- CARVALHO, S.; RODRIGUES, M.T.; BRANCO, R.H. et al. Consumo de nutrientes, produção e composição do leite de cabras da raça Alpina alimentadas com dietas contendo diferentes teores de fibra. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.3, p.1154-1161, 2006 (supl).
- FAVORETO, M.G.; DERESZ, F.; FERNANDES, A.M. et al. Avaliação nutricional da grama-estrela cv. Africana para vacas leiteiras em condições de pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.2, p. 319-327, 2008.
- FELISBERTO, N.R.O. **Tamanho da Partícula da Forragem em Dietas para Cabras Leiteiras**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2011. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa. 2011.

- FORBES, J.M. Development of a model of voluntary food intake and energy balance in lactation cows. **Animal Production**, v.24, p.203-214, 1977.
- FOX, D. G., Sistema de carboidratos e proteínas 'líquidos' para avaliação da nutrição de rebanhos e excreção de nutrientes (CNCPS Versão 5.0): documentação do Modelo CNCPS/ Danny Gene Fox [et al.]; **Tradução de Fernando César Ferraz Lopes ...** [et al.] - Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, p.202, 2003.
- FOX, D. G.; TEDESCHI, L. O.; TYLUTKI, T. P. et al. The Cornell net carbohydrate and protein model for evaluating herd nutrition and nutrient excretion. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 112, n. 1/4, p. 29-78, 2004.
- KOHN, R.A., ALLEN, M.S. In vitro protein degradation of feeds using concentrated enzymes extracted from rumen contents. **Anim. Feed Sci. Techn.**, v.52(3), p.15-28, 1995.
- LICITRA, G.; HERNANDES, T.M.; VAN SOEST, P.J. Standardizations of procedures for nitrogen fractionation of ruminants feeds. **Animal Feed Science and Technology**, v.57, p.347-358, 1996.
- MACDONALD, A.D.; CLARCK, E.A. Water and quality loss during field drying of hay. **Adv. in Agron.**, Madison. v. 41, p. 407-437. 1987.
- MALAFAIA, P.A.M., VALADARES FILHO, S.C., VIEIRA, R.A.M. et al. Determinação das frações que constituem os carboidratos totais e da cinética ruminal da fibra em detergente neutro de alguns alimentos para ruminantes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.27, n.4, p. 790-796, 1998.
- MALAFAIA, P.A.M., VIEIRA, R.A.M. Técnicas de determinação e avaliação dos compostos nitrogenados em alimentos para ruminantes In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE DIGESTIBILIDADE EM RUMINANTES, Lavras, 1997. **Anais...** Lavras: FAEPE, p.29-54, 1997.
- MARTINEZ, R.O., RUIZ, R., HERRERA, R. Milk production of cows grazing Coastcross no 1 bermuda Grass (*Cynodon dactylon*). I Different concentrate supplementation levels. **Cuban J. Agric. Sci.**, 14(3):225-232, 1980.
- McDONALD, E.I. A revised model for the estimation of protein degradability in the rumen. **The Journal of Agricultural Science**, v.96, n.1, p.251-252, 1981.
- McDONALD, P.; HENDERSON, A. R.; HERON, S.J.E. The biochemistry of the silage. Edinburg, **J. Wiley and Sons Ltda**, 1991. 226 p.
- MERTENS, D. R. Regulation of forage intake. In: FAHEY Jr, G. C. Forage Quality, Evaluation, and Utilization. **Amer. Soc. Agron.**, p. 450-493, 1994.
- MERTENS, D.R. Análise da fibra e sua utilização na avaliação de alimentos e formulações de rações. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE RUMINANTES, 1992, Lavras. **Anais...** Lavras: Sociedade Brasileira de Zootecnia, p.188-211, 1992.
- MERTENS, D.R. Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows. **Journal of Dairy Science**. v, 80, n. 7, p.1463-1481. 1997.

- MERTENS, D.R. Dietary fiber components: relationship to the rate and extent of ruminal digestion. **Federation Proceedings**, v.36, n.2, p.487-192, 1977.
- MERTENS, D.R. Using fiber and carbohydrate analyses to formulate dairy rations. In: **INFORMATIONAL CONFERENCE WITH DAIRY AND FORAGES INDUSTRIES**, 1996, Wisconsin. Proceedings... Wisconsin: 1996.
- MERTENS, D.R., ELY, L.O. A dynamic model of fiber digestion and passage in the ruminant for evaluating forage quality. **Journal of Animal Science**, 49(4):1085, 1979.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrients requirements of beef cattle**. 7.ed. Washington, D.C.: p.244, 1996.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient Requirements of Dairy Cattle**. 7 ed. Ed. National Academic Press. Washington, DC. p.387, 2001.
- NOCEK, J., RUSSELL, J. B.. Protein and carbohydrate as an integrated system. Relationship of ruminal availability to microbial contribution and milk production. **Journal of Dairy Science**, v.71, n.8, p.2070-2107, 1988.
- ØRSKOV, E.R.; McDONALD, I. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements of feed weighted according to rate passage. **Journal of Agricultural Science**, v.92, p.499-503, 1979.
- OWENS, F.N., GOETSCH, A.L. Digesta passage and microbial protein synthesis. In: MILLIGAN, L.P., GROVUN, W.L., DOBSON, A.D. Control of digestion and metabolism in ruminants. New Jersey: **Prentice-Hall**. p.196-223, 1986.
- PEREIRA, J.C., VIEIRA, R.A.M. et al. Degradabilidade Ruminal de Alguns Subprodutos Agroindustriais. **Revista brasileira de zootecnia**, v.29, n.6, p.2359-2366, 2000 (Suplemento 2)
- REMY, V.A., MARTINEZ, J. Sistema de distribución del N enzimas el pasto bermuda cruzada-1 (*Cynodon dactylon* L. Pers.). **Pastos y Forrages**, 6(3):363-374, 1983.
- RIBEIRO, G.K.; PEREIRA, O.G.; VALADARES FILHO, S.C. et al. Caracterização das frações que constituem as proteínas e os carboidratos, e respectivas taxas de digestão, do feno de Capim-Tifton 85 de diferentes idades de rebrota. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.2, p.589-595, 2001.
- RUSSEL, J.B., O'CONNOR, J.D., FOX, D.G. et al. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: I. Rumen fermentation. **Journal of Animal Science**, v.70, n.11, p.3551-3561, 1992.
- SILVA J. B., REIS S.T.; EVANGELISTA A. R.; SALES E. C. J.; ROCHA JÚNIOR V. R.; Fracionamento de Carboidratos de Forrageiras do Gênero *Cynodon*. **Anais do IX Fórum de Ensino**, Universidade Estadual de Montes Claros, UNIMONTE, 23 a 25 de setembro de 2009.
- SNIFEN, C.J.; O'CONNOR, J.D.; VAN SOEST, P.J. et al. 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.

- TEDESCHI, L.O.; FOX, D.G.; RUSSELL, J.B. Accounting for the effects of a ruminal nitrogen deficiency within the structure of the Cornell net Carbohydrate and protein system. **Journal of Animal Science**, v.78, p.1648-1658, 2000.
- VAN SOEST, P.J. Allometry and ecology of feeding behavior and digestive capacity in herbivores: a review. **Zoo Biology**, New York, v.15, p.455-479, 1996.
- VAN SOEST, P.J. **Nutritional Ecology of the Ruminant**. Ithaca, New York: Cornell, p.476, 1994.
- VIEIRA, R.A.M.; TEDESCHI, L.O.; CANNAS, A. A generalized compartmental model to estimate the fibre mass in the ruminoreticulum: 1. Estimating parameters of digestion. **Journal of Theoretical Biology**, v.255, p.345-356, 2008.
- VILELA, D.; ALVIM, M. J. Manejo de pastagens do gênero *Cynodon*: introdução, caracterização e evolução do uso no Brasil. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 15., 1998, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ:ESALQ, p. 23-54, 1998.
- WALDO, D.R., JORGENSEN, N.A. Forages for high animal production: nutritional factors and effects of conservation. **Journal Dairy Science**, 64(8):1207, 1981.

## Capítulo I

---

---

### Cabras em lactação alimentadas com diferentes fontes de fibra

#### RESUMO

Avaliou-se o uso de diferentes fontes de fibra, com semelhante efetividade física, na dieta de cabras leiteiras sobre o consumo, a digestibilidade, a taxa de passagem, a quantidade e a composição do leite. Foram utilizadas noventa e seis cabras leiteiras, com dias em lactação superior a 55 dias, massa corporal de  $51 \pm 7,7$  kg e produção de leite média de  $2,2 \text{ kg.dia}^{-1}$ , distribuídas em um delineamento inteiramente casualizado, em arranjo fatorial  $3 \times 2$ , para avaliar os efeitos de três fontes de fibra: feno de tifton (*Cynodon spp*), silagem de milho (*Zea mays*), feno de alfafa (*Medicago sativa*) e duas ordens de parto (primíparas e multíparas com ordem de parto de 2 ou 3). Cada fonte de fibra foi submetida a quatro baias, sendo duas baias de primíparas e duas baias de multíparas, totalizando 12 baias experimentais. O consumo de matéria seca (MS) foi influenciado pela dieta ( $P < 0,05$ ) tornando-se superior para a dieta silagem de milho, inferior para o feno de tifton, enquanto a com feno de alfafa não diferiu de ambos. O consumo superior de MS para a silagem de milho elevou também o consumo dos nutrientes: proteína bruta, extrato etéreo, carboidrato total, carboidrato não fibroso, e fibra em detergente neutro (FDN), exceto o consumo de lignina em detergente ácido, para a qual a dieta silagem de milho apresentou valor intermediário, diferindo entre o feno de alfafa, que foi superior, e o feno de tifton, que foi inferior. A digestibilidade da MS e nutrientes sofreu efeito das dietas, de modo que o feno de alfafa apresentou todos seus valores inferiores e o feno de tifton e silagem de milho com valores superiores, exceto a digestibilidade da FDN para silagem de milho que não diferiu da FDN do feno de alfafa. O tempo médio de retenção não diferiu, mas houve a evidência para um decréscimo no tempo médio de retenção do volumoso da dieta feno de alfafa. Portanto, dietas isofibrasas, com efetividade física da fibra semelhantes, e utilizando diferentes qualidades de volumosos, influencia nas respostas do animal.

## **Lactating goats fed with different fiber sources**

### **ABSTRACT**

Evaluate the use of different sources of fiber, with similar physical effectiveness in diet of dairy goats on the intake, digestibility, passage rates, quantity and composition of the milk. Were used ninety-six dairy goats, with days in lactation exceeding 55 days, body weight of  $51 \pm 7.7$  kg and average milk production of  $2.2 \text{ kg. day}^{-1}$ , distributed in a completely randomized design in factorial  $3 \times 2$ , to evaluate the effects of three fiber sources: tifton hay, corn silage, alfalfa hay and two kidding order (primiparous and multiparous with kidding order of 2 or 3). Each source of fiber was subjected to four housed, two housed of primiparous and two multiparous housed, totaling 12 experimental housed. The dry matter (DM) intake was influenced by the diet becoming greater than corn silage diet, lower tifton hay, while with alfalfa hay did not differ of both. The higher DM intake for corn silage raised also the nutrients intake: crude protein, ether extract, non-fibrous carbohydrate, total carbohydrate, and neutral detergent fiber (NDF), except the acid detergent lignin intake, for which corn silage diets showcased intermediate value, differing from the alfalfa hay, which was superior, and the tifton hay, which was inferior. The DM and nutrients digestibility suffered effect of diets, so that the alfalfa hay, which showed all their values shortest and the tifton hay and corn silage with higher values, except the NDF digestibility for corn silage, that did not differ from the FDN of alfalfa hay. The average time of retention did not differ, but there was evidence for a reduction in the average time of retention of forage alfalfa hay diet. Therefore, diets with similar fiber content, with equivalent physics effective fiber and using different forage sources, influence on animal responses.

## INTRODUÇÃO

O consumo voluntário pode ser definido como a quantidade de matéria seca ingerida por um animal ou grupo de animais durante determinado período no qual há livre acesso ao alimento (Forbes, 1995). Em um sistema de produção, o consumo de alimento é de grande importância, visto que a ingestão de matéria seca determina o fornecimento de nutrientes necessários para atender os requisitos de manutenção e produção dos animais.

Portanto, maximizar o consumo de um animal é um desafio no desenvolvimento de rações e estratégias de alimentação que irá conferir rentabilidade da produção. Além da quantidade de matéria seca ingerida, o perfil dos nutrientes consumidos deve receber grande atenção numa avaliação de dieta, uma vez que a qualidade do alimento ingerido pode ser diferente da qualidade do alimento oferecido (Ribeiro, 1997; Cunha, 1999). Um dos fatores que pode contribuir para isso é a seleção das partículas da dieta e os caprinos são classificados como selecionadores intermediários (Van Soest, 1994), exibindo alto grau de flexibilidade alimentar, variando os seus hábitos de seleção de dieta de acordo com a qualidade e a disponibilidade dos alimentos.

O consumo voluntário de matéria seca encontra-se altamente correlacionado com o teor de fibra em detergente neutro (FDN), quando este se situa entre 55 e 60% da matéria seca do alimento (Van Soest, 1965). No entanto, Mertens (1985, 1987) afirma que, sendo utilizadas rações com baixa proporção de FDN e alto teor de energia, a demanda energética é o principal fator limitante do consumo. Nesse caso, o animal ingere alimento para manter um consumo constante de energia e a ingestão de matéria seca poderá diminuir com o aumento da digestibilidade do alimento, visto que maior quantidade de energia estará disponível para ser utilizada.

Entre os principais parâmetros relacionados com a qualidade das forrageiras, destacam-se o consumo alimentar e a digestibilidade (Raymond, 1969). A forragem consumida determina a quantidade de nutrientes ingeridos e, conseqüentemente, a produção animal. Em decorrência desse fato, um dos elementos preponderantes do consumo de um alimento volumoso pelos ruminantes é a matéria seca indigestível.

Por ser indigestível e agir na redução da fração fibrosa potencialmente degradável (Traxler et al., 1998), a lignina é geralmente aceita como a entidade primária responsável pela limitação da degradação dos componentes fibrosos das forragens (Smith et al., 1972; Van Soest, 1994). No entanto, o grau de lignificação em torno da celulose é mais relacionado com a redução da digestibilidade do que a concentração total de lignina da planta (Dehority & Johnson, 1961). De acordo com Mertens & Ely (1979), as principais diferenças entre a alfafa e o capim coastcross estão

relacionadas ao teor de FDN, ao conteúdo de lignina, à proporção fibra em detergente neutro:lignina em detergente ácido (FDN:LDA) e à velocidade com que a fibra em detergente neutro (FDN) é digerida.

Alimentos com boa digestibilidade disponibilizam melhor os nutrientes e podem contribuir com a produção total de leite e seus constituintes. O leite é um fluido composto por uma série de nutrientes sintetizados na glândula mamária, a partir de precursores derivados da alimentação e do metabolismo. É secretado como uma mistura desses componentes e suas propriedades são mais complexas que a soma dos seus componentes individuais (González et al., 2001).

Ruminantes necessitam de adequada ingestão de FDN para garantir o funcionamento normal do rúmen, e animais leiteiros em particular, necessitam de fibra fisicamente efetiva para garantir o conteúdo de gordura do leite. A função do rúmen está associada com a manutenção da mastigação e ruminação para manter adequada salivação e pH ótimo para os microrganismos, quem, caracteristicamente, produzem alta relação acetato:propionato no líquido ruminal (Santini et al., 1992), sendo o acetato precursor da gordura do leite. Em adição, a quantidade de fibra consumida (Mertens, 1983; Beauchemin & Buchanan-Smith, 1989), o tamanho de partícula, o tipo de fibra e a taxa de fermentação influenciam a ruminação, a produção de leite e o conteúdo de gordura do leite.

A melhor medida do valor nutritivo dos alimentos é a produtividade animal, a qual é resultante da ingestão, digestão e eficiência de utilização de nutrientes absorvidos (Smith et al., 1972). Neste sentido, torna-se importante, do ponto de vista nutricional, o entendimento dos mecanismos que ditam os limites da degradação dos substratos fibrosos pelos microrganismos ruminais.

Reconhecida a importância do tamanho de partículas e do nível de fibra na dieta (Branco, 2005; Carvalho et al., 2006; Felisberto, 2011), faz-se necessário estudar os efeitos de dietas com fibra fisicamente efetiva equivalente, analisando a interação entre os constituintes da fibra oriunda de diferentes fontes de forrageiras para cabras leiteiras, considerando as peculiaridades da espécie.

Mediante o exposto, o atual trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar o consumo, a digestibilidade, a taxa de passagem, a quantidade e a composição do leite produzido por cabras leiteiras alimentadas com diferentes fontes de fibra, com semelhante efetividade física.

## MATERIAL E MÉTODOS

### *Características do experimento*

O experimento foi conduzido no município de Viçosa – MG, localizado na região da Zona da Mata, cujas coordenadas geográficas são: Latitude: 20° 45' 14"; Longitude: 42° 52' 53"; Altitude: 648 metros; e Clima: tropical de altitude.

Foram selecionadas 96 cabras leiteiras, com dias em lactação superior a 55 dias, massa corporal de  $51 \pm 7,7$  kg e produção de leite média de  $2,2 \text{ kg.dia}^{-1}$ . Os animais foram vermifugados e confinados em baias coletivas, com dimensões de 4x4 m, com piso tipo cama de maravalha, sendo distribuídos oito animais em cada baia. Foi adotado o delineamento experimental inteiramente casualizado, no qual os animais foram arrançados num fatorial 3x2, para avaliar os efeitos de três fontes de fibra: feno de tifton (*Cynodon spp*), silagem de milho (*Zea mays*), feno de alfafa (*Medicago sativa*) e duas ordens de parto (primíparas e múltiparas com ordem de parto de 2 ou 3). Cada baia recebeu oito animais com três níveis de produção (1,5; 2,1; 3,0 litros.dia<sup>-1</sup>), sendo que os níveis de produção foram incluídos como covariável. Cada fonte de fibra foi submetida a quatro baias, sendo duas baias de primíparas e duas baias de múltiparas, totalizando 12 baias experimentais.

Os animais foram submetidos a 14 dias de adaptação às novas instalações, dietas experimentais e manejo, e 71 dias foram utilizados para coleta de dados, totalizando 85 dias de duração do experimento.

As dietas foram isoproteicas para proteína metabolizável, e com fibra química e fisicamente efetiva equivalentes, contudo não apresentaram fermentescibilidade equivalentes, contendo misturas de fubá de milho (*Zea mays*), farelo de soja (*Glycine Max*) e farelo de trigo (*Triticum aestivum*) como concentrado que foram complementadas com uma mistura mineral balanceada para atender as exigências nutricionais de cabras leiteiras em lactação com média de  $2,2 \text{ litros.dia}^{-1}$ , de acordo com as recomendações do AFRC (1993) (Tabela 1 e 2).

Tabela 1 – Composição bromatológica dos ingredientes utilizados nas dietas experimentais

Item	Feno de tifton	Silagem de milho	Feno de alfafa	Farelo de soja	Fubá de milho	Farelo de trigo
MS (g.kg MS <sup>-1</sup> )	870,2	257,5	872,5	877,1	840,7	866,2
PB (g.kg MS <sup>-1</sup> )	138,3	71,1	213,2	499,9	86,6	199,8
CT (g.kg <sup>-1</sup> )	770,4	851,7	675,8	413,2	861,4	710,0
CNF (g.kg MS <sup>-1</sup> )	123,7	366,7	263,6	306,3	693,4	342,9
FDN <sub>cp</sub> (g.kg MS <sup>-1</sup> )	646,7	485,0	412,1	106,9	168,1	367,1
FDA (g.kg MS <sup>-1</sup> )	328,8	298,1	356,1	65,0	25,1	110,3
LDA (g.kg MS <sup>-1</sup> )	32,8	36,8	71,9	1,4	3,2	30,3
FDN:LDA	19,7	13,2	5,7	76,4	52,5	12,1
NDT (g.kg MS <sup>-1</sup> )	518,8	656,8	574,1	809,8	867,2	715,5
Frações dos compostos nitrogenados (%PB)						
A	16,7	39,9	22,8	31,5	1,9	1,8
B <sub>1</sub>	35,4	46,7	52,7	64,9	83,1	81,5
B <sub>2</sub>	34,4	6,1	18,8	3,6	14,3	14,1
C	13,6	7,3	5,6	0,0	0,7	2,7
Taxa de degradação (h <sup>-1</sup> )						
B <sub>1</sub>	4,076	0,767	0,872	0,349	0,430	1,958
B <sub>2</sub>	0,052	0,065	0,028	0,109	0,100	0,861
Frações de carboidratos (%CT)						
A'	2,1	2,4	3,1	3,7	0,8	1,7
B <sub>1</sub> '	13,9	40,7	35,9	70,4	79,7	46,6
B <sub>2</sub> '	64,8	38,4	38,1	23,4	18,6	28,4
C'	19,1	18,5	22,9	2,5	0,9	23,3
Taxa de degradação (h <sup>-1</sup> )						
A'+ B <sub>1</sub> '	-	0,305	0,500	0,275	0,333	0,415
A'	1,855	-	-	-	-	-
B <sub>1</sub> '	0,678	-	-	-	-	-
B <sub>2</sub> '	0,069	0,080	0,099	0,107	0,144	0,039

MS = matéria seca, PB = proteína bruta, CT = carboidratos totais, CNF = carboidratos não-fibrosos, FDN<sub>c</sub> = FDN corrigida para cinzas e proteína, FDA = fibra em detergente ácido, LDA = lignina em detergente ácido, NDT = nutrientes digestíveis totais.

Tabela 2 – Composição bromatológica das dietas experimentais

Item	Feno de tifton	Silagem de milho	Feno de alfafa
Proporção dos ingredientes (g.kg MS <sup>-1</sup> )			
Feno de tifton	467,3	0,0	0,0
Silagem de milho	0,0	646,3	0,0
Feno de alfafa	0,0	0,0	697,1
Farelo de soja	115,0	191,5	30,5
Fubá de milho	276,3	17,0	121,2
Farelo de trigo	100,0	101,8	102,4
Óleo	20,0	20,4	20,0
Sal comum	3,3	3,4	3,3
Bicarbonato de sódio	8,0	8,1	7,9
Calcário calcítico	11,2	11,5	10,5
Fosfato bicálcico	00,0	00,1	07,1
Mistura mineral <sup>1</sup>	•	•	•
Composição bromatológica (g.kg MS <sup>-1</sup> )			
MS	869,0	480,3	874,1
PB	166,0	163,5	194,9
PM	113,9	108,1	120,0
CT	716,5	716,5	660,9
CNF	318,9	342,3	312,3
FDNcp	397,7	374,2	348,5
FDNfefor	290,0	290,0	295,3
FDNfe	328,4	313,0	322,5
LDA	19,4	27,2	53,6
NDT	672,6	667,2	564,8
Frações dos compostos nitrogenados (%PB)			
A	13,1	30,8	14,8
B <sub>1</sub>	55,2	58,0	65,4
B <sub>2</sub>	24,0	6,8	16,1
C	7,8	4,4	3,7
Frações de carboidratos (%CT)			
A'	1,9	2,6	2,4
B <sub>1</sub> '	40,0	51,0	49,4
B <sub>2</sub> '	45,1	32,2	31,2
C'	13,0	14,2	17,0

• Fornecida à vontade em cada baía durante todo o experimento.

<sup>1</sup>Mistura Mineral: 0,32% de sulfato ferroso; 0,48% de sulfato de cobre; 0,71% de sulfato de manganês; 2,67% de sulfato de zinco; 0,02% de sulfato de cobalto; 0,0125% de iodato de potássio; 0,006% de selenito de sódio; 95,78% de cloreto de sódio. MS = matéria seca, PB = proteína bruta, PM= proteína metabolizável, CT = carboidratos totais, CNF = carboidratos não fibrosos, FDNcp = FDN corrigida para cinzas e proteína, FDNfefor = FDN fisicamente efetiva proveniente da forragem, FDNfe = fibra fisicamente efetiva, LDA = lignina em detergente ácido, NDT=Nutrientes digestíveis totais.

### *Coleta de dados*

Para avaliação dos efeitos da combinação de diferentes fontes de fibra com ordem de parição, foram observadas as seguintes variáveis: consumo voluntário; digestibilidade aparente da matéria seca e dos nutrientes; taxa de degradação; produção e constituintes lácteos.

O acesso às dietas e à água foi *ad libitum* e o consumo voluntário calculado pela diferença entre o oferecido e as sobras; para tanto, as sobras foram ajustadas diariamente para corresponderem a 15% do total oferecido. Para cada dieta, foram constituídas amostras compostas de sobras, coletadas semanalmente, em cada baia, as quais foram congeladas à temperatura de -18 °C, para posteriores análises laboratoriais.

Durante o período experimental todos os animais foram pesados semanalmente, no mesmo horário, e ordenhados duas vezes ao dia, sendo que os dados de produção leiteira foram coletados três vezes por semana, em dias intercalados. Amostras de leite foram coletadas quinzenalmente, nas ordenhas da manhã e da tarde, de forma proporcional à produção, acondicionadas em frascos plásticos com conservante (Bronopol<sup>®</sup>), mantidas entre 2 e 6°C, e encaminhadas para a análise dos teores de sólidos totais, proteína bruta, lactose e gordura utilizando o equipamento específico (Milko Scan<sup>™</sup> Minor; da marca FOSS).

A digestibilidade aparente total foi determinada pelo método indireto, utilizando-se, como indicador interno, a fibra em detergente neutro indigestível (FDN<sub>i</sub>). Foram selecionados dois animais de cada baia para realizar a coleta de fezes, durante seis dias, sendo recolhidas diretamente do reto, duas vezes ao dia, as 7 horas e as 17 horas. As amostras de fezes de cada animal foram acondicionadas em sacos plásticos e congeladas a -20 °C para posteriores análises. Na sequência, as mesmas foram pesadas e amostradas, formando uma composta de fezes dos seis dias do mesmo animal, e acondicionadas em bandejas de alumínio, que foram levadas à estufa a 65 °C para pré-secagem e, posteriormente, foram moídas e analisadas em laboratório.

Para a avaliação da cinética de trânsito do conteúdo sólido da digesta, foram utilizados materiais inertes, como as terras raras. Primeiramente, a fibra do alimento foi isolada com a fervura do alimento em detergente neutro e filtrado e lavado, para então ser marcada. O itérbio foi utilizado para marcar a fibra do feno de capim-Tifton 85, da silagem de milho e do feno de alfafa, e o lantânio foi utilizado para marcar a fibra dos alimentos concentrados (soja, milho e trigo). A complexação com terras raras foi feita utilizando-se a técnica proposta por Ellis & Beever (1984), com modificações propostas por Lira (2006).

Amostras de 360 g de cada um dos materiais marcados, tanto volumoso como concentrado, foram oferecidas a três animais de cada baia, de forma a garantir a ingestão de todo o material. Após o fornecimento do material, amostras fecais nos tempos 0, 3, 6, 9, 12, 15, 18, 21, 24, 28, 32,

36, 40, 44, 48, 60, 72, 84, 96, 108, 120, 132 e 144 h foram coletadas em sacos plásticos e, posteriormente, congeladas a -20 °C.

### ***Análises laboratoriais e avaliação dos dados***

Nas amostras de alimentos, sobras e fezes, foram determinados os teores de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), matéria mineral (MM), cálcio (Ca), fósforo (P), utilizando as técnicas descritas em Silva & Queiroz (2002); fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína bruta (FDN<sub>cp</sub>) e fibra em detergente ácido (FDA) utilizando as técnicas descritas por Mertens et al, (2002); nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN), nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA) segundo Van Soest (1965) e lignina em ácido sulfúrico (LDA), utilizando as técnicas descritas por Pereira & Rossi Jr. (1995). Nas amostras de fezes foram determinadas também o teor de FDN<sub>i</sub>, de forma que as fezes foram pesadas em sacos de tecido não tecido (TNT) e incubadas no bovino por 240 h, como recomendado por Casali et al. (2008).

Para analisar o perfil granulométrico dos volumosos oferecidos, foram utilizadas peneiras padronizadas com aberturas de 25,40 mm, 9,52 mm, 4,00 mm, 2,00 mm, 1,18 mm, 0,50 mm e uma bandeja na parte inferior ao conjunto de peneira, denominada fundo, onde ficavam retidas partículas menores do que 0,50 mm.

De acordo com a metodologia sugerida por LOPES (2009), as peneiras foram movimentadas por um agitador mecânico modelo Produtest<sup>®1</sup> em intensidade máxima, com alíquotas de 30 gramas de amostras, durante o tempo de um minuto.

Ao final da agitação o material retido em cada peneira foi pesado em balança digital de precisão com duas casas decimais. O peso do material retido em cada peneira foi então expresso como percentual do peso total de amostra avaliada, enquanto o peso de material fisicamente efetivo foi considerado o percentual do peso total retido em peneira de 1,18 mm e de aberturas maiores (2,00; 4,00; 9,52 e 25,40 mm). Os volumosos como o feno de tifton, silagem de milho e feno de alfafa foram caracterizados por conter média de 88% de partículas fisicamente efetivas.

Os valores estimados de carboidratos totais (CT) e carboidratos não fibrosos (CNF) foram obtidos a partir das equações propostas por Sniffen et al. (1992) e Van Soest et al. (1991), respectivamente:

As estimativas de excreção fecal foram obtidas pela equação proposta por Smith & Reid (1955).

As dietas foram calculadas a partir das composições dos alimentos, obtidos em análises laboratoriais.

Os valores de energia dos ingredientes das dietas foram estimados pelas equações propostas pelo NRC (2001), considerando a classe do alimento descrita como volumoso ou concentrado.

Para quantificação dos valores de energia das dietas experimentais, foram utilizados os valores de digestibilidade aparente obtidos no experimento, aplicando-se a equação:

$$\text{NDT (\%)} = \text{dCNF} + \text{dPB} + (\text{dEE} \times 2,25) + \text{dFDN},$$

em que: “d” representa a digestibilidade aparente dos respectivos componentes.

A metodologia utilizada para a determinação dos teores de itérbio e lantânio foi a descrita por Moore et al. (1992).

A eficiência líquida da utilização da energia metabolizável ( $k_L$ ) para a produção de leite foi feita calculando-se a razão entre o valor de energia líquida para a produção do leite ( $EL_p$ ) e o consumo de energia metabolizável (CEM) total subtraído do consumo de energia metabolizável para a manutenção ( $CEM_m$ ).

$$k_L = \left( \frac{EL_p}{CEM + CEM_m} \right)$$

A taxa de passagem da fase sólida foi estimada de acordo com os procedimentos descritos por Faichney (1975), usando a equação:

$$k = I/Q,$$

em que  $k$  representa a taxa de passagem ( $h^{-1}$ ) do trato gastrintestinal,  $I$  a taxa de administração dos indicadores (mg/h) e  $Q$  a quantidade de indicador (mg) realmente presente nas fezes, calculado como:

$$Q = C \times A,$$

Em que  $C$  representa a concentração de indicador nas fezes em condição de “steady-state” (mg/g MS) e  $A$  representa a quantidade de MS (g) nas fezes totais.

O tempo médio de retenção (TMR) foi determinado pela seguinte expressão:

$$\text{TMR} = \frac{n}{K_e} + \frac{1}{K_r},$$

Em que  $n$  = parâmetro que estabelece a dependência de tempo na função gama usada para modelar eventos com latência dinâmica;  $k_e$  = taxa de passagem de partículas no primeiro compartimento (rúmen);  $k_r$  = taxa de passagem de partículas no segundo compartimento.

Os alimentos e as sobras foram analisados em laboratório para se obter o fracionamento e a taxa de degradação *in vitro* da proteína bruta e dos carboidratos. Dessa forma, foi possível compor as dietas totais e, por diferença da composição das sobras, obter o valor das frações consumidas.

### ***Fracionamento e taxa de degradação da proteína bruta***

O fracionamento da proteína bruta foi subdividido em: frações A (nitrogênio não-proteico), B<sub>1</sub> (peptídeos, oligopeptídeos e proteína citoplasmática), B<sub>2</sub> (proteína de degradação lenta) e C (proteína insolúvel em detergente ácido) (Sniffen et al., 1992).

Obteve-se a fração A pelo tratamento da amostra (0,5 g) com 50 mL de água destilada, por 30 minutos, e pela adição subsequente de 10 mL de ácido tricloroacético (TCA) a 10%, por 30 minutos. Em seguida, filtrado em papel-filtro (Whatman 54) e determinado o nitrogênio residual (Licitra et al., 1996). Pela diferença entre o nitrogênio total e o nitrogênio residual foi obtida a fração A.

A partir da análise da taxa de degradação da proteína insolúvel em detergente neutro (PIDN), obtidas a partir do ajuste do modelo logístico decrescente aos perfis de degradação *in vitro* deste componente, foram determinadas as frações potencialmente degradável (B<sub>2</sub>) e indegradável (C) da proteína em detergente neutro. Logo, as frações B<sub>2</sub> e C foram obtidas da seguinte maneira:

$$B_2 (\text{g/kg MS}) = (1 - U) * \text{PIDN}$$

$$C (\text{g/kg MS}) = U * \text{PIDN}$$

em que U equivale à fração indegradável (%).

As taxas de degradação ruminal das frações proteicas B<sub>1</sub> e B<sub>2</sub> foram obtidas via incubação das amostras *in vitro*, a 39 °C, com proteases comerciais bacterianas de *Streptomyces griseus*, (número catalográfico P-5147, Tipo XIV, Sigma Chemical Co. Saint Louis, Missouri, EUA). Em frascos *erlenmeyers* (125 mL) foram adicionados 0,5 g de amostra e 40 mL de solução-tampão à base de tetraborato de sódio (Na<sub>2</sub>B<sub>4</sub>O<sub>7</sub>.10H<sub>2</sub>O; 13,17 g L<sup>-1</sup>) e fosfato de sódio monobásico (NaH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>.H<sub>2</sub>O; 7,6 g L<sup>-1</sup>), ajustado para pH 8. Os frascos foram mantidos em mesa de agitação orbital, dentro de sala incubadora a 39 °C, por uma hora, para hidratação e estabilização da temperatura. Logo após, adicionaram-se 10 mL de solução enzimática nas amostras que permaneceram incubadas por 0,25, 0,5, 1, 2, 4, 8, 12, 24, 36 e 48 horas. Um frasco que continha apenas a solução-tampão e a solução enzimática foi usado como branco.

Ao final de cada tempo de incubação, removeu-se o frasco correspondente e adicionaram-se, aproximadamente, 20 mL de ácido tricloroacético a 10% (TCA) para cessar a atividade enzimática. Logo após, transferiu-se quantitativamente o seu conteúdo para um funil com papel-filtro quantitativo de filtragem rápida, utilizando aproximadamente 200 mL de ácido tricloroacético a 1% (TCA) como veículo. Em seguida, o papel-filtro com o resíduo foi transferido para um tubo macro-Kjeldahl, onde foram adicionados 30 mL de ácido sulfúrico e, aproximadamente 10 gramas de mistura digestora seguindo os passos para determinação do teor de nitrogênio.

Uma vez obtidos os perfis de degradação da PB das amostras das forragens, procedeu-se à interpretação matemática para obtenção das estimativas das taxas de degradação, com base no modelo:

$$B_1(t) = B_1 e^{-k_{d1}t} \quad (1)$$

em que  $B_1$  corresponde à fração  $B_1$  da proteína;  $k_{d1}$ : taxa de degradação da fração  $B_1$  da proteína ;  $e$ : erro associado;  $t$ : tempo (horas).

Pressupondo que os valores obtidos para a fração C representavam estimativas razoáveis para este mesmo parâmetro na equação (1), as taxas de degradação das frações foram obtidas após inspeção gráfica do logaritmo natural dos resíduos de incubação da PB, em função do tempo, para identificação dos diferentes intervalos em que os pontos não desviavam da linearidade. A identificação desses intervalos permitiu o ajuste dos dados a equações de regressão linear, cujos coeficientes de regressão correspondiam às taxas de degradação das frações proteicas potencialmente degradáveis. Para tanto, foi realizada a seguinte correção nos perfis de degradação:

$$\ln B_1(t) = \ln B_1 - k_{d1}t \quad (2)$$

em que  $B_1$  corresponde à fração  $B_1$  da proteína;  $k_{d1}$ : taxa de degradação da fração  $B_1$  da proteína ;  $t$ : tempo (horas).

### ***Fracionamento e taxa de degradação dos carboidratos***

O método proposto por Hall (1999) foi utilizado para fracionar os carboidratos solúveis em detergente neutro (CSDN), que corresponderam às frações A' e B1'.

Os teores de carboidratos solúveis em água foram determinados por espectrofotometria, em função da coloração azul-esverdeada formada quando esses compostos foram aquecidos em solução de antrona em meio fortemente ácido (Deriaz, 1961).

Amostra de 1,0 g de forragem foi autoclavada por duas horas com 70 mL de solução de oxalato de amônia (0,5%). Após, foi feita a filtragem em papel filtro para balões volumétricos de 100 mL e completou-se o volume com água destilada. Aliquotas de 2 mL dessa solução foram retirada. Em seguida, adicionados 10 mL de solução antrona em tubos de tampa rosqueável e levados ao banho maria (95 °C) por 20 minutos para ocorrer a mudança da cor amarela para verde. A característica de absorbância da cor verde foi medida em 625 nm para hexoses.

A análise de FDN foi realizada ao obter 0,5 g de amostra, 50 mL de solução de detergente neutro e 0,2 mL de alfa amilase, que permaneceram em refluxo por uma hora. Posteriormente, o conteúdo dos cadinhos foram filtrados sob vácuo em papel Whatman 541 (livre de cinzas e

proteína). O resíduo sofreu dois enxágues com água e acetona e, após sua secagem, foi corrigido para cinzas e proteína.

Técnicas *in vitro* de degradação da FDN e de produção cumulativa de gases da fermentação microbiana foram utilizadas para determinar as taxas de degradação das frações A' e B<sub>1</sub>' dos carboidratos.

A degradação *in vitro* da FDN foi realizada ao incubar as amostras em frascos de penicilina (100 mL) tendo como inóculo líquido de rúmen (bovino), acrescido de solução de meio e solução redutora, de acordo com Goering & Van Soest (1970). Os frascos foram mantidos em sala incubadora com aquecimento (39 °C) em mesa de agitação orbital automática. Os tempos de incubação foram de 3, 6, 9, 12, 24, 36, 72 e 96 horas. Terminada a incubação, o conteúdo de cada frasco foi transferido quantitativamente para um copo-béquer de 500 mL, ao qual foram adicionados 100 mL de solução detergente neutra. Após uma hora de fervura, filtrou-se o conteúdo do béquer em um cadinho de massa previamente conhecida, utilizando água destilada quente para lavagem e transferência do resíduo final, com subsequente lavagem com acetona. Ao final, o cadinho que continha o resíduo foi levado à estufa (105 °C), para secagem e posterior pesagem. Sendo, em seguida, o cadinho com o resíduo de FDN levado à mufla a 600 °C, por três horas, para determinação do teor de matéria mineral insolúvel em detergente neutro. A correção para proteína foi realizada ao utilizar o valor da proteína insolúvel em detergente neutro (PIDN).

A taxa de degradação da fração B<sub>2</sub>' foram obtidos apartir dos perfis de degradação da FDN, obtida pelo procedimento descrito acima, foram interpretados cineticamente, utilizando o modelo proposto por Matis, 1972, Matis et al. 1989 e Vieira et al. 2008, considerando a ordem de dependência do tempo (N).

$$R(t) = [R_0 - U'] \left\{ \delta^N \exp(-k_d t) + \exp(-\lambda t) \sum_{i=0}^{N-1} (1 - \delta^{N-i}) (\lambda t)^i i! \right\} + U' + e \quad (3)$$

$$\delta = \lambda / (\lambda - k_d)$$

em que: R(t) corresponde ao resíduo de incubação após determinado tempo t (h); R(0) equivale à fração potencialmente degradável (%); U': corresponde à fração indegradável (%); k<sub>d3</sub>: corresponde à taxa de degradação da fração potencialmente degradável da FDNcp (h<sup>-1</sup>); N: ordem de dependência do tempo relacionado à preparação do substrato para digestão; λ: taxa de preparação do substrato para degradação; i: denotação subscrita da ordem dependência do tempo; t: tempo (horas) e: erro associado.

A equação foi ajustada para os perfis de degradação por meio do algoritmo Maquardt dos procedimentos PROC NLIN do SAS 9.2. O aumento de ordem dependência do tempo foi aplicado para avaliar a qualidade de ajuste do modelo.

A partir das análises das taxas de degradação da FDN, obtidas a partir do ajuste do modelo logístico decrescente aos perfis de degradação *in vitro* deste componente, foram determinadas as frações potencialmente degradável ( $B_2'$ ) e indegradável ( $C'$ ) da FDN, corrigida para cinzas e proteína. Logo, as frações  $B_2'$  e  $C'$  foram obtidas da seguinte maneira:

$$B_2'(g/kg MS) = (1 - U') * FDN_{cp} \quad (4)$$

$$C'(g/kg MS) = U' * FDN_{cp} \quad (5)$$

em que  $U'$  equivale à fração indegradável (%).

A produção cumulativa de gases da fermentação foi obtida após incubações anaeróbicas *in vitro* em sala climatizada a 39 °C, com base nas metodologias descritas por Malafaia et al. (1998).

As incubações foram conduzidas em frascos de vidro (100 mL), hermeticamente fechados com tampa de borracha e lacre de alumínio. Foram adicionados 40 mL de solução de meio, 2 mL de solução redutora, de acordo Goering & Van Soest (1970), 10 mL de líquido de rúmen e 500 mg de MS de amostra moída a 1 mm, em quadruplicata. As medições de pressão e volume foram realizadas por meio de um manômetro (0-1 kgf/cm<sup>2</sup>) acoplado a uma seringa de vidro (20 mL) nos seguintes tempos: 0; 0,25; 0,5; 1; 2; 4; 6; 8; 10; 12; 14; 18; 24; 30; 36; 40; 48; 56; 68; 72 e 96 horas após a adição do inóculo ruminal coletado de um bovino alimentado exclusivamente com feno de capim-tifton 85.

As taxas de degradação das frações  $A'$  e  $B_1'$  dos carboidratos foram estimadas por meio da combinação entre as técnicas *in vitro* gravimétricas e de produção de gases.

Uma vez obtido o perfil de produção dos gases da MS das forrageiras, o volume final de gases foi estimado por meio do ajuste do modelo: V

$$V_t = V_f \left\{ 1 - \left\{ \delta^N e^{-kt} + e^{-\lambda t} \sum_{i=0}^{N-1} (1 - \delta^{N-i}) (\lambda t)^i / i! \right\} \right\} + e \quad (6)$$

$$\delta = \lambda / (\lambda - k)$$

em que  $V_t$  corresponde ao volume acumulado de gás no tempo  $t$ , expresso em mL/100 mg de MS incubada;  $V_f$  refere-se ao volume máximo de gás produzido; e  $\lambda$  corresponde ao preparo do substrato para digestão;  $k_d$  refere-se a taxa de degradação, expressa em h<sup>-1</sup>;  $N$  refere-se à ordem de dependência do tempo relacionado à preparação do substrato para digestão;  $i$ : denotação subscrita da ordem dependência do tempo;  $t$ : tempo (horas);  $e$ : erro associado.

Estimado o volume final ( $V_f$ ) e considerando os teores de FDNcp = CF, e CNF = CT-CF, foram preditas as contribuições sobre o  $V_f$  de cada um desses componentes (CF e CNF), com base na pressuposição de que o volume de gás produzido por unidade monomérica de carboidrato assimilado e fermentado pela massa microbiana é o mesmo para CF e CNF (Beuvink et al., 1992; Schofield & Pell, 1995; Stefanon et al., 1996 e Hall et al., 1998). Desse modo, procederam-se os seguinte cálculo:

$$V_f(\text{CF}) = V_f * B_2' / (B_2' + \text{CNF}) \quad (7)$$

em que:  $V_{f(\text{CF})}$  = volume final de gás estimado, proveniente de carboidratos fibrosos e  $V_{f(\text{CNF})}$  = volume final de gás estimado, proveniente de CNF.

Obtida a estimativa  $V_{f(\text{CF})}$  e, considerando que  $V_{f(\text{CF})} + V_{f(\text{CNF})} = V_f$ , foi simulada, então, a produção acumulativa dos gases da fermentação dos CF para os tempos  $t_i$ , a partir do perfil cinético gravimétrico ao qual foi ajustado o modelo descrito pela equação 4. Então, para cada tempo  $t_i$  do volume registrado para a produção de gás de MS, foi descontado o correspondente  $V_{\text{CF}}(t_i)$  para obtenção do perfil de produção acumulado dos gases oriundos dos CNF.

Quando se detectaram as frações  $A'$  e  $B_1'$ , separadamente, no perfil de degradação dos CNF, o volume final dos gases foi estimado por meio do ajuste do modelo a seguir:

$$V_{t(\text{CNF})} = V_{f(A')} \left\{ 1 - \left\{ \delta_1^N e^{-k_1 t} + e^{-\lambda t} \sum_{i=0}^{N-1} (1 - \delta_1^{N-i}) (\lambda t)^i / i! \right\} \right\} + V_{f(B_1')} \left\{ 1 - \left\{ \delta_2^N e^{-k_2 t} + e^{-\lambda t} \sum_{i=0}^{N-1} (1 - \delta_2^{N-i}) (\lambda t)^i / i! \right\} \right\} + e \quad (8)$$

$$\delta_1 = \lambda / (\lambda - k_1) ; \quad \delta_2 = \lambda / (\lambda - k_2)$$

em que:  $V_{t(\text{CNF})}$ : volume acumulado de gás produzido pelos CNF, expresso em mL/100 mg de MS incubada;  $V_{f(A')}$ : volume máximo de gás produzido pela fração A;  $\lambda$ : taxa de preparação do substrato para digestão;  $k_1$ : taxa de degradação da fração A dos carboidratos, expressa em  $\text{h}^{-1}$ ;  $V_{f(B_1')}$ : volume máximo de gás produzido pela fração  $B_1'$ ;  $k_2$ : taxa de degradação da fração  $B_1'$  dos carboidratos ( $\text{h}^{-1}$ ),  $i$ : denotação subscrita da ordem de dependência do tempo;  $t$ : tempo (horas);  $e$ : erro associado.

O critério de escolha da ordem de dependência do tempo foi a probabilidade de verossimilhança calculada a partir do critério Akaike, simplificado da seguinte forma:

$$\Delta_{AIC} = n_t \log_e (SQ_{res2} / SQ_{res1}) \quad (11)$$

$$P_r = \exp(-\Delta_{AIC} / 2) / [1 + \exp(-\Delta_{AIC} / 2)] \quad (12)$$

em que:  $n_t$  refere-se ao número de dados no perfil de degradação da fibra;  $SQ_{res}$  corresponde a soma de quadrado do resíduo;  $P_r$  refere-se à probabilidade de verossimilhança (Vieira et al., 2008).

### **Análise estatística**

As variáveis tomadas na unidade experimental baia (consumo, digestibilidade) foram analisadas segundo um delineamento inteiramente casualizado, em arranjo fatorial, utilizando o procedimento GLM (SAS 9.2), de acordo com o seguinte modelo estatístico:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \delta_j + (\alpha\delta)_{ij} + e_{ijk}$$

na qual  $Y_{ijk}$  corresponde à medida efetuada na k-ésima baia da j-ésima ordem de parição e recebendo a dieta contendo a i-ésima fonte de fibra. No modelo,  $\mu$  é uma constante inerente ao mesmo,  $\alpha_i$  representa o efeito fixo da i-ésima fonte de fibra,  $\delta_j$  corresponde ao efeito fixo da j-ésima ordem de parição,  $e_{ijk}$  representa o erro aleatório NID  $(0, \sigma^2)$ .

As variáveis tomadas nos animais dentro da baia (TMR, produção e composição láctea) foram analisadas de acordo com o seguinte modelo estatístico, adotando o procedimento PROC MIXED (SAS 9.2):

$$Y_{ijkl} = \mu + \alpha_i + \delta_j + (\alpha\delta)_{ij} + b_{k:ij} + e_{ijkl}$$

no qual  $Y_{ijkl}$  corresponde à medida efetuada no l-ésimo animal da j-ésima ordem de parição alojado na k-ésima baia, onde recebeu a i-ésima fonte de fibra;  $b_{k:ij}$  representa o efeito aleatório de baia dentro de cada combinação fonte de fibra *versus* ordem de parição NID  $(0, \sigma_b^2)$ ,  $e_{ijkl}$  representa o erro aleatório NID  $(0, \sigma^2)$ . Todos os outros termos foram citados anteriormente. Para as variáveis produção e constituintes do leite, foi adicionado ao modelo a covariável  $\beta x_{ijkl}$ , que corresponde à média de produção de leite das duas semanas anteriores ao início do experimento. Quando significativo, esta foi mantida no modelo. O modelo estatístico foi ajustado aos dados, utilizando o método de estimação da máxima verossimilhança restrita. Os graus de liberdade para o resíduo foram computados segundo o método de Kenward-Roger. As médias de mínimos quadrados foram obtidas a partir da declaração LSMEANS e as diferenças testadas utilizando o teste de Tukey-Kramer ajustado para multiplicidade (Littell et al., 2006). Adotou-se  $\alpha = 0,05$ .

## **RESULTADOS**

O balanceamento entre as dietas teve a finalidade de evitar variações entre os principais nutrientes das dietas de forma a atender a exigência das cabras em lactação,mas para isso foi necessario variar a relação volumoso:concentrado entre as dietas.

Após o fornecimento da dieta total, os animais tinham preferência pelo consumo do concentrado, de imediato, para, posteriormente, consumir o volumoso. Com o consumo total do

concentrado, sobrava apenas volumoso o que reduziu a relação volumoso: concentrado do consumido, que para feno de tifton, silagem de milho e feno de alfafa foi de 39:61; 72:28 e 67:33, respectivamente.

Analisando o consumo de MS e dos nutrientes (Tabela 4), não foi possível perceber efeito de ordem de parto e nem interação da dieta e ordem de parto.

O consumo de matéria seca foi influenciado pela dieta tornando-se superior para a dieta silagem de milho em 2103,30 g.d<sup>-1</sup>, inferior para o feno de tifton em 1801,38 g.d<sup>-1</sup>, enquanto a com feno de alfafa em 1994,78 g.d<sup>-1</sup> não diferiu de ambos (Tabela 4).

O consumo dos nutrientes também diferiu entre as dietas. Com isso, observa-se que, com o superior consumo de MS para a silagem de milho, elevou também o consumo dos nutrientes (PB, EE, CT, CNF e FDN), exceto o consumo de lignina em detergente ácido (LDA), para a qual a dieta silagem de milho apresentou valor mediano (55,03 g.d<sup>-1</sup>), diferindo entre o feno de alfafa, que foi superior (104,72 g.d<sup>-1</sup>), e o feno de tifton, que foi inferior (31,53 g.d<sup>-1</sup>).

Dentre os nutrientes, vale chamar atenção para o consumo de CT, para os quais a silagem de milho apresentou o valor de 1483,54 g.d<sup>-1</sup>, superior aos valores de 1278,26 e 1322,40 g.d<sup>-1</sup>, referentes ao feno de tifton e ao feno de alfafa, respectivamente. Já o consumo de PB da silagem de milho foi semelhante ao do feno de alfafa (359,72; 382,22 g.d<sup>-1</sup>, respectivamente) e ambos superiores ao feno de tifton (304,20 g.d<sup>-1</sup>).

O consumo de energia na forma de NDT foi superior (1535,62 g.d<sup>-1</sup>) também para a silagem de milho, diferindo das demais dietas, 1211,56 e 1221,42; g.d<sup>-1</sup>, para feno de tifton e feno de alfafa, respectivamente.

A comparação das proporções do perfil de compostos nitrogenados e carboidratos, entre fornecido e consumido, é importante para analisar qual das dietas ofertadas sofreu maior instensidade de seleção de partículas pelos animais, considerando o fornecimento das dietas de forma *ad libitum*. Uma vez selecionadas as partículas das dietas, os perfis do material consumido são modificados, proporcionando o desbalanceamento da dieta previamente formulada e justificando tal avaliação.

O consumido, por sua vez, manteve proporções das frações de carboidratos semelhantes ao fornecido, exceto as frações B<sub>1</sub>' e B<sub>2</sub>' (48,26 e 36,44 % CT, Tabela 5) do consumido feno de tifton que sofreram maiores alterações de forma a diminuir e aumentar, respectivamente, quando comparado ao fornecido (40,04; 45,05 % CT; Tabela 2).

Essa diferença nos valores da fração B<sub>1</sub>' influencia o somatório das frações A'+B<sub>1</sub>' dos carboidratos, que constituem uma porção composta de açúcares simples, amido e pectina e que apresentam característica de rápida fermentação no rúmen. Os valores das proporções da fração

$A'+B_1'$  dos fornecidos variaram entre as dietas, se acentuando para o feno de tifton com o menor valor, como seguem 41,95; 53,59 e 51,76 (Tabela 2) para as dietas feno de tifton, silagem de milho e feno de alfafa, respectivamente. Já os valores do consumido foram semelhantes entre si, 50,00 48,99 e 50,09 (Tabela 5).

O mesmo comportamento ocorreu para a proporção da fração  $B_1$  (de 55,17 para 64,15 % PB) e  $B_2$  (de 23,97 para 18,97 % PB) dos compostos nitrogenados do fornecido para o consumido de feno de tifton.

Os teores das frações dos compostos nitrogenados e dos carboidratos da ração consumida (Tabela 5) não foram influenciados pela ordem de parto isoladamente, mas sim pela interação entre dietas e ordem de parto, que ocorreu para os teores das frações  $A'$  e  $B_1'$  dos carboidratos consumidos.

Quando se observam as frações  $B_2'$  e  $C'$  dos carboidratos percebe-se o efeito das dietas, de forma que as três dietas diferiram estatisticamente entre si quanto à ingestão da fração  $B_2'$ , variando de 515,98 a 423,02 g.dia<sup>-1</sup>, entre as dietas silagem de milho e feno de alfafa, respectivamente. Enquanto, no que se refere à ingestão da fração  $C'$  dos carboidratos, a dieta silagem de milho e feno de alfafa (240,71; 236,98 g.dia<sup>-1</sup>, respectivamente) foram semelhantes entre si e superiores ao feno de tifton (138,94 g.dia<sup>-1</sup>; Tabela 5).

Tabela 3 – Consumo de matéria seca e nutrientes em função da dieta e ordem de parto

Item	Dieta <sup>1</sup>			Ordem de parto <sup>2</sup>		CV(%)	D	OP	D x OP
	FT	SM	FA	PRIM	MULT				
CMS (g.d <sup>-1</sup> )	1801,38 <sup>b</sup>	2103,30 <sup>a</sup>	1994,78 <sup>ab</sup>	1956,55	1976,42	4,72	0,010	0,724	0,271
CMO (g.d <sup>-1</sup> )	1630,07 <sup>b</sup>	1896,71 <sup>a</sup>	1740,34 <sup>ab</sup>	1747,14	1764,27	4,71	0,011	0,732	0,273
CEE (g.d <sup>-1</sup> )	88,83 <sup>b</sup>	99,62 <sup>a</sup>	81,24 <sup>b</sup>	89,56	90,24	5,41	0,005	0,816	0,284
CPB (g.d <sup>-1</sup> )	304,20 <sup>b</sup>	359,72 <sup>a</sup>	382,22 <sup>a</sup>	345,85	351,58	4,61	0,001	0,560	0,186
CCT (g.d <sup>-1</sup> )	1278,26 <sup>b</sup>	1483,54 <sup>a</sup>	1322,40 <sup>b</sup>	1355,82	1366,97	4,70	0,009	0,773	0,292
CCNF (g.d <sup>-1</sup> )	648,85 <sup>b</sup>	738,89 <sup>a</sup>	658,35 <sup>b</sup>	679,83	684,24	5,03	0,019	0,831	0,215
CFDN <sub>cp</sub> (g.d <sup>-1</sup> )	629,41 <sup>b</sup>	744,65 <sup>a</sup>	664,05 <sup>b</sup>	676,00	682,74	4,51	0,005	0,716	0,411
CFDN <sub>fe</sub> (g.d <sup>-1</sup> )	461,82 <sup>b</sup>	594,81 <sup>a</sup>	490,04 <sup>b</sup>	514,32	516,79	4,37	0,000	0,856	0,452
CLDA (g.d <sup>-1</sup> )	31,53 <sup>c</sup>	55,03 <sup>b</sup>	104,72 <sup>a</sup>	63,51	64,00	3,67	<0,000	0,730	0,360
CNDT (g.d <sup>-1</sup> )	1211,56 <sup>b</sup>	1535,62 <sup>a</sup>	1221,42 <sup>b</sup>	1346,68	1299,05	4,84	0,001	0,245	0,078
Rel Vol: Conc	39:61	72:28	67:33	-	-	-	-	-	-

<sup>1</sup> FT = feno de tifton, SM = silagem de milho e FA = feno de alfafa.

<sup>2</sup> PRIM = primíparas; MULT = múltiparas.

CV = coeficiente de variação; D = Dieta; OP = ordem de parto; CMS = consumo matéria seca, CMO = consumo matéria orgânica, CPB = consumo proteína bruta, CEE = consumo extrato etéreo, CFDN<sub>cp</sub> = consumo fibra em detergente neutro corrigido para cinzas e proteína, CFDN<sub>fe</sub> = consumo fibra fisicamente efetiva, CCT = consumo carboidratos totais, CCNF = consumo carboidratos não-fibrosos, CLDA = consumo lignina em detergente ácido, CNDT = consumo de nutrientes digestíveis totais; Rel vol: conc = relação volumoso: concentrado do consumido.

Médias seguidas de letras diferentes, na mesma linha diferem (p<0,05) pelo teste de Tukey.

Tabela 4 – Consumo das frações dos compostos nitrogenados e dos carboidratos em função da dieta e ordem de parto

Item	Dieta <sup>1</sup>			Ordem de parto <sup>2</sup>		CV(%)	D	OP	D x OP
	FT	SM	FA	PRIM	MULT				
<b>Compostos Nitrogenados</b>									
CPB (g.d <sup>-1</sup> )	304,20 <sup>b</sup>	359,72 <sup>a</sup>	382,22 <sup>a</sup>	345,85	351,58	4,61	0,001	0,560	0,186
Fração A (%PB)	10,73	26,26	16,10	17,83	17,57	-	-	-	-
Fração B <sub>1</sub> (%PB)	64,15	63,51	61,52	62,78	63,34	-	-	-	-
Fração B <sub>2</sub> (%PB)	18,97	7,02	17,38	14,59	14,33	-	-	-	-
Fração C (%PB)	6,16	3,21	5,00	4,80	4,78	-	-	-	-
Fração A (g.dia <sup>-1</sup> )	32,64 <sup>c</sup>	94,46 <sup>a</sup>	61,54 <sup>b</sup>	63,30	62,46	10,50	<0,000	0,834	0,975
Fração B <sub>1</sub> (g.dia <sup>-1</sup> )	195,13 <sup>b</sup>	228,47 <sup>a</sup>	235,14 <sup>a</sup>	218,63	220,52	3,86	0,001	0,713	0,967
Fração B <sub>2</sub> (g.dia <sup>-1</sup> )	57,70 <sup>b</sup>	25,25 <sup>c</sup>	66,44 <sup>a</sup>	50,27	49,32	5,78	<0,000	0,589	0,857
Fração C (g.dia <sup>-1</sup> )	18,73 <sup>b</sup>	11,55 <sup>c</sup>	19,11 <sup>a</sup>	16,51	16,41	0,46	<0,000	0,057	0,147
<b>Carboidratos</b>									
CCT (g.d <sup>-1</sup> )	1278,26 <sup>b</sup>	1483,54 <sup>a</sup>	1322,40 <sup>b</sup>	1355,82	1366,97	4,70	0,009	0,773	0,292
Fração A' (%CT)	1,82	1,73	1,34	1,53	1,73	-	-	-	-
Fração B <sub>1</sub> ' (%CT)	49,22	47,27	48,76	48,54	48,28	-	-	-	-
Fração B <sub>2</sub> ' (%CT)	38,10	34,78	31,99	34,93	34,98	-	-	-	-
Fração C' (%CT)	10,87	16,23	17,92	15,01	15,01	-	-	-	-
Fração A' (g.dia <sup>-1</sup> )	•	•	•	•	•	4,50	<0,000	0,002	0,000
Fração B <sub>1</sub> ' (g.dia <sup>-1</sup> )	•	•	•	•	•	0,75	<0,000	0,193	0,011
Fração B <sub>2</sub> ' (g.dia <sup>-1</sup> )	487,00 <sup>b</sup>	515,98 <sup>a</sup>	423,02 <sup>c</sup>	474,87	475,80	0,71	<0,000	0,649	0,098
Fração C' (g.dia <sup>-1</sup> )	138,94 <sup>b</sup>	240,71 <sup>a</sup>	236,98 <sup>a</sup>	205,47	205,62	0,94	<0,000	0,902	0,109

<sup>1</sup> FT = feno de tifton, SM = silagem de milho e FA = feno de alfafa.

<sup>2</sup> PRIM = primíparas; MULT = múltiparas.

Médias seguidas de letras diferentes, na mesma linha diferem (p<0,05) pelo teste de Tukey.

• Interação entre dieta e ordem de parto.

Tabela 5 – Desdobramento da interação entre as dietas e as ordens de parto para os teores das frações A' e B<sub>1</sub>' de carboidratos consumidos.

Ordem de parto	Feno de tifton	Silagem de milho	Feno de alfafa
Consumo da fração A' de carboidratos (g.dia <sup>-1</sup> )			
Primíparas	23,17 <sup>a</sup>	20,40 <sup>Bb</sup>	18,39 <sup>b</sup>
Múltiparas	23,19 <sup>b</sup>	30,93 <sup>Aa</sup>	17,13 <sup>c</sup>
Consumo da fração B <sub>1</sub> ' de carboidratos (g.dia <sup>-1</sup> )			
Primíparas	629,69 <sup>b</sup>	711,89 <sup>Aa</sup>	639,71 <sup>b</sup>
Múltiparas	628,56 <sup>c</sup>	690,47 <sup>Ba</sup>	649,73 <sup>b</sup>

<sup>1</sup> Médias seguidas de letras diferentes, minúsculas na mesma linha ou maiúsculas na mesma coluna, diferem ( $p < 0,05$ ) pelo teste de Tukey.

Os teores das frações dos compostos nitrogenados do consumido foram influenciados pelas dietas. Os teores das frações A foram diferentes entre as três dietas variando de 94,46 da silagem de milho a 32,64 do feno de tifton. Quanto à ingestão da fração B<sub>1</sub> da proteína, a dieta silagem de milho e feno de alfafa (228,47; 235,14 g.dia<sup>-1</sup>, respectivamente) foram semelhantes entre si e superiores ao feno de tifton (195,13 g.dia<sup>-1</sup>; Tabela 4).

Os teores das fração B<sub>2</sub> e C apresentaram mesmo comportamento, de forma decrescente na seguinte sequência: feno de alfafa, feno de tifton e silagem de milho.

O desdobramento dos valores da fração A' e B<sub>1</sub>' dos carboidratos consumidos (Tabela 5) evidencia que as múltiparas consumiram maior quantidade da fração A' (30,93 g.dia<sup>-1</sup>) da silagem de milho do que as primíparas (20,40 g.dia<sup>-1</sup>). Entretanto as cabras primíparas quando ainda submetidas à silagem de milho, consumiram maior quantidade da fração B<sub>1</sub>' (711,89 g.dia<sup>-1</sup>) do que as múltiparas (690,47 g.dia<sup>-1</sup>), embora ambos valores, do consumo da fração B<sub>1</sub>' da silagem de milho, tenham sido superiores aos outros valores quando avaliado o efeito entre dietas.

A digestibilidade da MS e nutrientes (Tabela 6) sofreu efeito das dietas, de modo que o feno de alfafa apresentou todos seus valores inferiores e o feno de tifton e silagem de milho com valores superiores, exceto a digestibilidade da FDN para silagem de milho que não diferiu da FDN do feno de alfafa.

A digestibilidade não sofreu influência da ordem de parição. No entanto, a interação entre ordem de parto *versus* dieta ocorreu para a digestibilidade da PB e dos CNF. Ao ser desdobrado (Tabela 5), observou-se que, dentro do grupo primíparas, não houve alteração da digestibilidade da PB entre as dietas. No entanto, dentro do grupo múltiparas, as dietas com feno de tifton apresentaram menor digestibilidade da PB (Tabela 7).

Para a digestibilidade dos CNF, a dieta silagem de milho apresentou maior valor em relação às demais, tanto para as cabras primíparas quanto para as cabras múltiparas.

Tabela 6 – Digestibilidade aparente da matéria seca e nutrientes em função da dieta e ordem de parto (g.kg MS<sup>-1</sup>)

Item	Dieta <sup>1</sup>			Ordem de parto <sup>2</sup>			D	OP	DxOP
	FT	SM	FA	PRIM	MULT	CV(%)			
DMS	675,2 <sup>a</sup>	684,2 <sup>a</sup>	620,8 <sup>b</sup>	667,0	653,1	2,57	0,004	0,207	0,058
DMO	680,0 <sup>a</sup>	697,6 <sup>a</sup>	623,3 <sup>b</sup>	672,9	661,0	2,51	0,002	0,263	0,060
DFDN	573,2 <sup>a</sup>	499,0 <sup>b</sup>	449,8 <sup>b</sup>	514,0	500,7	4,87	0,001	0,388	0,222
DPB	•	•	•	•	•	2,79	0,001	0,768	0,029
DEE	847,5 <sup>ab</sup>	899,6 <sup>a</sup>	816,4 <sup>b</sup>	854,3	854,7	2,88	0,009	0,979	0,675
DCT	681,8 <sup>a</sup>	676,9 <sup>a</sup>	601,6 <sup>b</sup>	660,7	646,2	2,98	0,002	0,245	0,142
DCNF	•	•	•	•	•	1,95	0,001	0,330	0,038

<sup>1</sup> FT = feno de tifton, SM = silagem de milho e FA = feno de alfafa.

<sup>2</sup> PRIM = primíparas; MULT = múltiparas.

CV = coeficiente de variação; D = Dieta; OP = ordem de parto; DMS = digestibilidade matéria seca, DMO = digestibilidade matéria orgânica, DPB= digestibilidade proteína bruta, DEE = digestibilidade extrato etéreo, DFDN = digestibilidade fibra em detergente neutro, DCT=digestibilidade carboidratos totais, DCNF = digestibilidade carboidratos não-fibrosos.

Médias seguidas de letras diferentes na mesma linha diferem (p<0,05) pelo teste de Tukey.

- Interação entre dieta e ordem de parto.

Tabela 7 – Desdobramento da interação entre as dietas e as ordens de parto para a digestibilidade da proteína bruta e carboidratos não fibrosos

Ordem de parto	Feno de tifton	Silagem de milho	Feno de alfafa
	DPB (g.kg MS <sup>-1</sup> )		
Primíparas	699,7	755,9	685,3
Múltiparas	637,1 <sup>b</sup>	773,4 <sup>a</sup>	719,9 <sup>a</sup>
	DCNF (g.kg MS <sup>-1</sup> )		
Primíparas	815,5 <sup>ab</sup>	859,8 <sup>a</sup>	753,8 <sup>b</sup>
Múltiparas	772,5 <sup>b</sup>	842,0 <sup>a</sup>	785,7 <sup>ab</sup>

<sup>1</sup> Médias seguidas de letras diferentes, minúsculas na mesma linha ou maiúsculas na mesma coluna, diferem (p<0,05) pelo teste de Tukey; DPB = digestibilidade da proteína bruta; DCNF = digestibilidade de carboidratos não-fibrosos.

O tempo médio de retenção (TMR) e a taxa de passagem ( $k_p$ ) (Tabela 8) não sofreram efeito estatístico das dietas e da ordem de parto, nem da interação dos dois fatores. Entretanto, cabe considerar a evidência para um decréscimo no tempo médio de retenção do volumoso da dieta feno de alfafa.

Não foi notado efeito de interação dos fatores dieta e ordem de parto sobre a produção total de leite e a composição do mesmo (Tabela 9). Também não foi significativa a influência individual da dieta nem da ordem de parto para produção de leite, apresentando média de 2,15 kg.dia<sup>-1</sup>, para produção de gordura (média 68,46 g.dia<sup>-1</sup>), lactose (média 91,88 g.dia<sup>-1</sup>) e sólidos totais (média 244,85 g.dia<sup>-1</sup>), nem para composição de gordura (média 3,2%) e sólidos totais (média 11,41%).

Tabela 8 – Tempo médio de retenção e taxa de passagem do volumoso e concentrado conforme as diferentes fontes de fibra nas dietas experimentais e ordem de parto

Item	Dieta <sup>1</sup>			Ordem de parto <sup>2</sup>			CV(%)	D	OP	DxOP
	FT	SM	FA	PRIM	MULT					
TMR <sub>vol</sub>	29,07	30,03	23,24	26,93	27,97	17,74	0,052	0,601	0,671	
TMR <sub>conc</sub>	24,58	25,94	22,62	24,61	24,16	13,64	0,163	0,725	0,827	
$k_p$ vol	0,035	0,033	0,045	0,039	0,037	-	-	-	-	
$k_p$ conc	0,041	0,039	0,045	0,041	0,042	-	-	-	-	

<sup>1</sup> FT = feno de tifton, SM = silagem de milho e FA = feno de alfafa.

<sup>2</sup> PRIM = primíparas; MULT = múltiparas.

CV=coeficiente de variação; D = Dieta; OP = ordem de parto; TMR<sub>vol</sub> = Tempo médio de retenção do volumoso; TMR<sub>conc</sub> = Tempo médio de retenção do concentrado;  $k_{p\text{vol}}$  = taxa de passagem do volumoso;  $k_{p\text{conc}}$  = taxa de passagem do concentrado.

Médias seguidas de letras diferentes na mesma linha diferem ( $p < 0,05$ ) pelo teste de Tukey.

No entanto, a ordem de parto alterou a composição do leite quanto à proporção de proteína e lactose, de forma que as múltiparas apresentaram maiores valores de proteína (2,88 vs 3,10%) e as primíparas maiores valores de lactose (4,35 *versus* 4,14 %). Já a produção total de proteína sofreu influência da dieta apresentando diferenças significativas para a silagem de milho (53,10 g.dia<sup>-1</sup>) e o feno de tifton (70,71 g.dia<sup>-1</sup>), ficando o valor inferior para a silagem de milho.

A eficiência líquida de utilização da energia metabolizável para produção de leite ( $k_L$ ) (Tabela 9) sofreu efeito da dieta apresentando menor valor para a silagem de milho (0,31) do que os fenos de tifton (0,56) e alfafa (0,57).

Tabela 9 – Produção e composição do leite em função da dieta e ordem de parto

Item	Dieta <sup>1</sup>			Ordem de parto <sup>2</sup>		CV(%)	D	OP	DxOP	Pi
	FT	SM	FA	PRIM	MULT					
Produção										
Produção de leite (kg.dia <sup>-1</sup> )	2,36	1,85	2,25	2,29	2,01	26,15	0,127	0,173	0,882	<0,000
Proteína (g.dia <sup>-1</sup> )	70,71 <sup>a</sup>	53,10 <sup>b</sup>	67,76 <sup>ab</sup>	65,84	61,87	23,40	0,035	0,406	0,758	<0,000
Gordura (g.dia <sup>-1</sup> )	72,11	62,63	70,63	73,85	63,06	25,30	0,274	0,061	0,831	<0,000
Lactose (g.dia <sup>-1</sup> )	101,63	79,49	94,53	99,70	84,07	27,08	0,128	0,0880	0,823	<0,000
Sólidos totais (g.dia <sup>-1</sup> )	267,28	212,66	254,61	261,06	228,65	24,75	0,106	0,126	0,821	<0,000
Composição										
Proteína (%)	3,01	2,90	3,05	2,88 <sup>B</sup>	3,10 <sup>A</sup>	8,03	0,216	0,012	0,775	-
Gordura (%)	3,03	3,42	3,17	3,24	3,17	11,95	0,089	0,573	0,955	0,042
Lactose (%)	4,26	4,29	4,18	4,35 <sup>A</sup>	4,14 <sup>B</sup>	4,61	0,137	0,002	0,369	-
Sólidos totais (%)	11,27	11,58	11,38	11,42	11,41	4,86	0,378	0,929	0,951	0,046
k <sub>L</sub>	0,56 <sup>a</sup>	0,31 <sup>b</sup>	0,57 <sup>a</sup>	0,46	0,49	8,66	0,000	0,233	0,431	-

<sup>1</sup> FT = feno de tifton, SM = silagem de milho e FA = feno de alfafa.

<sup>2</sup> PRIM = primíparas; MULT = multíparas.

CV = coeficiente de variação; D = dieta; OP = ordem de parto; Pi = covariável produção inicial de leite; k<sub>L</sub> = eficiência líquida de utilização da energia metabolizável para a produção de leite.

Médias seguidas de letras diferentes, na mesma linha diferem (p<0,05) pelo teste de Tukey.

## DISCUSSÃO

As dietas foram formuladas para conter valores de PB, CT, CNF e FDN (Tabela 2) semelhantes. No entanto, com a alteração do consumo de MS, altera-se, também, o consumo dos nutrientes nelas contido. Dessa forma, a dieta silagem de milho apresentou maiores valores de consumo de MS e, conseqüentemente, de nutrientes.

O consumo de MS da silagem do atual experimento contraria os resultados de Minson (1990), que, por sua vez, afirma que o consumo de silagem é, em geral, mais baixo que aquele observado para outros volumosos, como feno. O menor consumo de silagem tem sido atribuído aos produtos da fermentação, como ácido acético, ácido lático, e fatores como a mudança na estrutura física do material ensilado, quebra de proteína na forma de amônia e redução do pH (Minson, 1990). No entanto, Moreira (2001), fornecendo exclusivamente feno de tifton, silagem de milho e feno de alfafa para ovinos, não encontrou efeito entre dietas para o consumo de MS em  $\text{g}\cdot\text{dia}^{-1}$ , apenas quando avaliou em  $\text{g}\cdot\text{kg}^{-0,75}$  sendo a silagem de milho de consumo inferior.

Os perfis da PB e dos CT variaram entre as dietas fornecidas, mesmo tendo sido preparadas para conterem valores de PB e CT semelhantes. Isso permite observar alguns comportamentos no que se refere à nutrição.

A dieta silagem de milho equiparou-se à de feno de alfafa quanto ao consumo de PB, uma vez que esta última dieta apresentou um consumo elevado de MS (Tabela 3) associado com o maior teor proteico na sua composição (Tabela 2). Esse maior teor proteico se deu porque, ao ser formulada a dieta, foram utilizados dois ingredientes altamente proteicos, o feno de alfafa e o farelo de soja (Tabela 1), o que tornou inviável a redução do teor protéico da dieta de feno de alfafa ( $194,80 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ ), de forma que chegasse ao nível da proteína das dietas com silagem de milho e feno de tifton ( $163,52$ ;  $166,01 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ , respectivamente).

A propósito, são fatores que afetaram o consumo das frações B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub> e C da proteína da dieta feno de alfafa, de modo a serem superiores. É interessante ressaltar que as frações B<sub>2</sub> e C da proteína estão vinculadas à fibra. Dessa forma, o elevado valor de lignina da alfafa retém uma quantidade maior dessas frações da proteína na fibra, tornando lenta sua digestibilidade ou indigestível, respectivamente.

O elevado consumo da fração A da proteína ficou para a silagem de milho, que na verdade, esta fração é uma fonte de nitrogênio não-protéico (NNP) como, por exemplo, a amônia, que é um dos produtos da fermentação. Cabral et al. (2004) observaram que a silagem de milho destaca-se pela maior proporção de seus compostos nitrogenados na forma de NNP, podendo ser oriundos da

fermentação da massa ensilada, na qual boa parte da proteína é convertida em NNP, em decorrência da proteólise (Pires et al., 2009). Esta linha de raciocínio pode ser estendida para o consumo elevado da fração B<sub>1</sub> da silagem de milho.

Comparando a proporção do perfil de carboidratos consumidos das dietas (Tabela 3) com a proporção das frações fornecidas nas dietas (Tabela 2), é interessante observar que, mesmo havendo uma variação no perfil dos carboidratos fornecidos, no consumido, os perfis se igualaram entre as dietas. A proporção do perfil protéico consumido não apresentou relevantes alterações frente ao fornecido, mantendo, assim, as diferenças já existentes entre as dietas.

Analisando, ainda, o perfil dos carboidratos entre fornecido e consumido (Tabelas 3 e 6), nota-se que houve aumento da proporção da fração B<sub>1</sub>' (de 40,04 para 48,26) e redução da fração B<sub>2</sub>' (de 45,05 para 36,44) para a feno de tifton. Isso se deve à característica peculiar do comportamento ingestivo da espécie caprina que é a seletividade da dieta, que ocorreu de forma mais intensa para o feno de tifton, favorecendo o consumo de concentrado e das partes mais tenras da planta, como as folhas, de forma que, nas sobras, restavam partes mais fibrosas.

Variações na proporção dos diferentes componentes da parede celular (celulose, hemicelulose e lignina) e na forma como estes componentes interagem (formando sua estrutura) ocorrem não somente entre espécies, mas em diferentes partes da planta dentro de uma mesma espécie (Queiroz, 1997; Pacciulo, 2000). Sabe-se que as folhas possuem maior valor nutritivo que o caule.

O mesmo aumento e redução, das frações B<sub>1</sub>' e B<sub>2</sub>' dos carboidratos, também ocorreu para as frações B<sub>1</sub> e B<sub>2</sub>, respectivamente, da proteína da dieta feno de tifton, reforçando a idéia de ter ocorrido seleção das partículas do feno de tifton.

Van Soest (1994) classificou os caprinos como selecionadores intermediários, no que tange aos seus hábitos alimentares, que são aqueles capazes de uma utilização limitada dos constituintes da parede celular e que apresentam alta velocidade de passagem, o que os permite ingerir quantidade suficiente de nutrientes facilmente fermentáveis.

Entretanto, de acordo com o valor nutricional das plantas forrageiras, o caprino estrategicamente pode intensificar esta seletividade da dieta. Trabalhos realizados no semi-árido nordestino (Kirmse, 1984; Mesquita et al., 1994; Leite et al., 1995; Araújo Filho et al., 1996) demonstraram que, à medida que a estação seca progride e o grau de maturação das forrageiras herbáceas aumenta, os caprinos diminuem o percentual de gramíneas e dicotiledôneas herbáceas na dieta, e aumentam o percentual de brotos e folhas de plantas lenhosas. Com base nisso, pode-se enfatizar a maior seletividade do feno de tifton, justificada pela maior proporção de fibra nesta planta forrageira frente às silagem de milho e feno de alfafa (Tabela 1).

Os animais consomem para atender a sua necessidade energética. Logo, quando essa energia é atendida, principalmente pelos carboidratos rapidamente fermentescíveis, seu consumo tende a se limitar. Mertens (1987) informa que, quando a dieta possui baixa fibra e alta energia, a ingestão de MS é regulada pelo intercepto do processo de enchimento e da demanda energética de consumo do animal.

Fundamentado nisso, é curioso perceber que variações ocorreram no fracionamento dos carboidratos das três dietas oferecidas (Tabela 2), principalmente o somatório da fração  $A'+B_1'$ . Entretanto, na ração consumida, foi notado que os valores da fração  $A'+B_1'$  se ajustaram de forma que o consumido das três dietas ficou com perfil semelhante. Merece mais destaque a dieta feno de tifton, por ser a que mais destoou dentre as três dietas fornecidas e, no entanto, passou por uma eficiente seleção de partículas, que a nivelou com as demais. Isso leva ao entendimento de que a cabra, quando diante de alimentos servidos à vontade, tende a selecionar as partículas na tentativa de balancear a sua dieta até atender prioritariamente a sua necessidade energética. A proporção da fração  $A+B_1$  da PB do consumido sofreu variação (Tabela 4), e isso vem corroborar com a teoria citada anteriormente.

O consumo de CT foi maior para a silagem de milho, em consequência do maior consumo dessa dieta (Tabela 3). E este elevado consumo de CT da dieta silagem de milho reflete diretamente no consumo superior das quatro frações de CT. Ao ser analisado o consumo das frações  $A'$  e  $B_1'$  dos carboidratos, na Tabela 5, pode ser notado que a silagem de milho apresentou maior consumo da fração  $A'+B_1'$  (primíparas 732,29; múltiparas 721,4 g.dia<sup>-1</sup>) frente ao feno de tifton (primíparas 652,86; múltiparas 651,75 g.dia<sup>-1</sup>) e feno de alfafa (primíparas 658,1; múltiparas 666,86 g.dia<sup>-1</sup>). Além disso, a silagem de milho também apresentou maior consumo das frações  $B_2'$  e  $C'$  (Tabela 4).

O consumo da fração  $C'$  também apresenta-se elevado para a dieta feno de alfafa, embora seu consumo de CT tenha sido inferior ao da silagem de milho. Logo, o maior consumo da fração  $C'$  fica em função do elevado teor de lignina que compõe a fibra do volumoso feno de alfafa (Tabela 1), que, complexada com uma maior proporção de celulose indisponível para digestão, contribui para quantificar a maior proporção da fração  $C'$  nos CT consumidos do feno de alfafa.

A relação da lignina com os carboidratos da fibra da dieta ou do volumoso pode afetar a digestibilidade e o consumo. As dietas influenciaram o consumo de lignina em detergente ácido (LDA), seguindo a ordem decrescente: feno de alfafa, silagem de milho e feno de tifton, acompanhando o comportamento dos valores da constituição das dietas fornecidas em LDA (Tabela 2), que, por sua vez, foram influenciadas pela composição dos volumosos que as compõem (Tabela 1). Este consumo de LDA teve influência, também, da relação volumoso:concentrado, sendo que o feno de tifton, além de ser constituído de menor teor de LDA, ainda está incluso na dieta total numa

menor proporção (47: 53), ao contrário da silagem de milho (65:35) e feno de alfafa (70:30) (Tabela 1).

Por ser indigestível e agir na redução da fração fibrosa potencialmente degradável (Traxler et al., 1998), a lignina é, geralmente, aceita como a entidade primária responsável pela limitação da degradação dos componentes fibrosos das forragens (Smith et al., 1972; Van Soest, 1994). No entanto, o grau de lignificação em torno da celulose é mais relacionado com a redução da digestibilidade do que a concentração total de lignina da planta (Dehority & Johnson, 1961).

Este comportamento pôde ser notado no presente trabalho (Tabela 1), ao observar a importância que a lignina tem dentro da fração fibrosa indisponível (FDN:LDA) do volumoso feno de tifton (19,7) e do feno de alfafa (5,7), que são os dois valores extremos. Esta alta relação FDN:LDA torna os carboidratos do feno de tifton mais disponíveis culminando na sua melhor digestibilidade, servindo o contrário para o feno de alfafa, enquanto a silagem de milho apresentou valor intermediário (13,2), que conferiu à sua fibra uma digestibilidade semelhante à do feno de alfafa (Tabela 6).

Os aspectos associados à constituição da parede celular, segundo Van Soest (1994), também são apontados como os responsáveis pelo consumo de forragem. Neste caso, o feno de tifton, que apresentou maior digestibilidade da FDN, teve um menor consumo de MS, invertendo para a silagem de milho, que apresentou menor digestibilidade da FDN e seu consumo foi superior. Já o feno de alfafa, com sua digestibilidade da fibra semelhante à da silagem de milho, tendeu ao aumento do consumo de MS, embora não tenha diferido seu valor de consumo frente às outras duas fontes de fibra. Contudo, segundo Beauchemin (1996), é evidente a relação entre o conteúdo de FDN e a ingestão de MS e energia pelos ruminantes.

Mertens justifica este resultado quando diz que, quando utilizadas dietas com baixa proporção de FDN e alto teor de energia, como são apresentadas as dietas deste experimento, a demanda energética é o principal fator limitante do consumo. Nesse caso, o animal ingere alimento para manter um consumo constante de energia e a ingestão de MS poderá diminuir com o aumento da digestibilidade do alimento, visto que maior quantidade de energia estará disponível para ser utilizada (Mertens, 1985, 1987). Desta forma, o consumo fica como consequência da digestibilidade intestinal.

Diferentes fatores podem contribuir para elevar a digestibilidade não somente da fibra como da MS e nutrientes de um alimento. A maior seletividade das partículas mais tenras da dieta feno tifton, como mostra na discussão anterior (Tabela 4), contribuiu para a dieta feno de tifton apresentar melhor digestibilidade de MS, FDN e nutrientes, assim como a alta proporção de concentrado (61%, Tabela 3), que foi necessário para ajustar os componentes nutritivos da dieta.

Este efeito vem sendo reafirmado por vários estudos, nos quais tem sido avaliada a influência de diferentes relações volumoso:concentrado sobre os coeficientes de digestibilidade das diferentes frações que compõem o alimento. Berchielli et al. (1994) verificaram que a diminuição da relação volumoso:concentrado de 80:20 para 40:60 proporcionou aumento do coeficiente de digestibilidade aparente da MS de 50,5 para 61,3% e da MO, de 52,0 para 62,8%.

O mesmo não pode ser considerado para justificar a alta digestibilidade da silagem de milho, uma vez que a proporção de concentrado nesta dieta é de 28%. No entanto cabe chamar atenção que o volumoso silagem de milho é formado pela ensilagem da planta de milho inteira, cuja proporção de grão é alta. E, embora este grão esteja sendo quantificado na porção de volumoso, ele é um concentrado e contribuirá com seus efeitos que lhe são peculiares, de modo que a dieta total de silagem de milho apresente características de uma dieta com alta proporção de concentrado.

A maior digestibilidade da PB para as multíparas consumindo a silagem de milho (Tabela 7) foi afetada pelo maior consumo da fração  $A+B_1$ , sendo que a fração  $B_1$  é a que apresenta maior proporção dentro da PB total em mais de 60% (Tabela 4), e é sabido que a fração  $A+B_1$  da proteína é de rápida degradação ruminal (taxa de degradação da fração  $B_1$  – Tabela 1), o que contribuiu para uma melhor digestibilidade intestinal desta PB.

Os carboidratos prontamente disponíveis (fração  $A'+B_1'$ ) caracterizam-se por fornecer energia imediata ao animal. Analisando as proporções da fração  $A'+B_1'$  do fornecido e do consumido, nota-se que a dieta feno de tifton consta de menor proporção da fração  $A'+B_1'$  (41,96% CT; Tabela 2), e, em função da seleção mais intensa ocorrida nesta dieta, sendo consumidas as partes mais tenras da forragem (discutido anteriormente), o consumido do feno de tifton apresenta-se com a proporção da fração  $A'+B_1'$  aumentada, nivelando às outras duas dietas (51,04% CT; Tabela 4).

Mesmo com o consumido das três dietas com proporção de  $A'+B_1'$  semelhante (51,04; 49,00; 50,10% CT; Tabela 4), a fonte dos carboidratos que compõem esta fração pode afetar a disponibilidade da fração  $A'+B_1'$  no trato gastrintestinal. Logo, se vê, então, que, no consumido do feno de tifton, a maior proporção da fração  $A'+B_1'$  é oriunda do concentrado, que representa maior proporção no consumido (Tabela 3), sabendo que a soja e o milho apresentam mais rápida disponibilidade do seu conteúdo em função da sua própria constituição química, com maior proporção da fração  $A'+B_1'$  (Tabela 1) associada ao menor teor de fibra do que os volumosos, e até mesma o reduzido tamanho das partículas, na forma farelada em que é fornecido. Isso justifica a necessidade de maior suplementação com concentrados energéticos nesta dieta, em função da composição da forrageira feno de tifton (16,05% CT) *versus* silagem de milho e feno de alfafa (43,06; 39,02% CT; Tabela 1), que deixa a desejar quanto a sua composição na fração  $A'+B_1'$ .

Considerando que exista uma gama de fatores muito complexos que afetam a ingestão em dietas de ruminantes (Mertens, 1992), outros fatores que podem ter contribuído para a maior ingestão da dieta silagem de milho e para a tendência de aumento do consumo do feno de alfafa referem-se ao maior número de mastigação por bolo regurgitado dentro do mesmo tempo (Tabela 4, Capítulo 2) e à maior taxa de degradabilidade da fração B<sub>2</sub>' do carboidratos (Tabela 1). Ambos fatores contribuem para o maior conteúdo de fibra degradado por tempo, para ocupar menos espaço no rúmen, contribuindo com a maior ingestão de alimento fibroso, mesmo quando a restrição do consumo seja por uma limitação energética, uma vez que tais fatos refletem a necessidade de processar a digesta ruminal, na tentativa de balancear as ingestões de energia às demandas energéticas.

A taxa de passagem é um parâmetro de relevância no que diz respeito ao consumo de MS, principalmente em dietas que têm seu consumo limitado por enchimento. Embora não seja o caso das dietas do presente trabalho, o menor tempo de retenção médio das partículas do volumoso feno de alfafa (Tabela 8) pode ter apresentado alguma contribuição para a tendência de elevar o consumo da dieta total. De acordo com Allen (1996), na medida em que se amplia a velocidade de utilização dos compostos potencialmente digestíveis pelos microrganismos, menor é o tempo necessário para que a partícula alcance a faixa de tamanho específico para a remoção do rúmen. Desta forma, amplia-se a taxa de *turnover* ruminal relativa à fração que efetivamente demanda espaço residente (FDN) (Mertens, 1994), tendo como consequência direta o aumento do consumo e da degradabilidade da FDN.

O NDT é calculado com base nos nutrientes que foram absorvidos e que conseqüentemente constituíram uma fonte de energia para o animal. Sendo assim, a dieta silagem de milho apresenta maior quantidade de nutrientes com digestibilidade superior (Tabela 6), sendo igualmente comparada com a dieta feno de tifton. Embora ambas dietas apresentem coeficientes de digestibilidade semelhantes, a diferença é que a silagem de milho tem maior consumo de EE (Tabela 3), conseqüentemente maior absorção deste quando comparado com o EE digestível do feno de tifton. Logo, sabendo que o cálculo de NDT considera que o EE contribui com 2,25 vezes mais energia que o carboidrato, a silagem de milho é favorecida, e seu valor de NDT elevado.

A característica do alimento ingerido pode alterar a composição do leite, considerando que os constituintes do leite podem ser derivados do processo de filtração de precursores e nutrientes provenientes do sangue, que, por sua vez, são influenciados pela mobilização das reservas corporais e alimentação (González, 2004).

As variações entre as dietas testadas (Tabela 6) não foram suficientes para haver alteração na produção de leite, em kg.dia<sup>-1</sup>, embora, valha salientar que foi possível perceber uma evidência de

efeito com redução na produção de leite da silagem de milho (Tabela 9), o que pode fazer grande diferença no volume final de leite para um sistema de produção em larga escala. A redução da produção de leite para a silagem de milho pode ser justificada pela utilização da energia da dieta, que, embora tenha havido maior consumo de NDT, essa dieta apresentou reduzida eficiência líquida de utilização dessa energia para produção de leite (Tabela 9).

Mattos (2004) cita que o tamanho corporal é positivamente correlacionado com o volume de produção de leite. No entanto, avaliando as primíparas e múltiparas do presente trabalho, não se verificou diferença na produção leiteira, embora os animais de primeira cria ainda estivessem em desenvolvimento corporal, o que acarretaria numa maior demanda da ingestão de energia. Isso indica que mesmo as primíparas tendo menor capacidade ruminal, comparadas às múltiparas, prevaleceu a maximização da ingestão, que, por sua vez, foi resultado da maior eficiência de mastigação, tanto na alimentação quanto na ruminação, (capítulo 2, Tabela 4) das primíparas, as quais podem ter sido responsáveis pela redução de partículas, ao ponto desta favorecer a maior acomodação das partículas no rúmen, já que não foi suficiente para acelerar o trânsito das partículas no trato gastrintestinal entre as duas ordens de parto (Tabela 8).

A variação entre as produções de leite, em  $\text{kg}\cdot\text{dia}^{-1}$ , mesmo que não estatisticamente significativa, foi capaz de causar uma variação de relevância entre a produção de proteína, em  $\text{kg}\cdot\text{dia}^{-1}$ . Assim, foi possível perceber, na dieta feno de tifton, que, ao apresentar maior produção de leite, elevou também a quantidade de proteína. Também foi possível observar a mesma influência do volume de leite sobre a produção dos outros constituintes do leite, em  $\text{kg}\cdot\text{dia}^{-1}$ , embora não significativa (Tabela 9). A medida que o volume de leite cresce, simultaneamente eleva-se o valor dos seus constituintes, o que, neste caso, vale a pena, novamente, ressaltar a importância desta diferença no rendimento de derivados de leite, quando a produção é em larga escala.

Fredeen (1996) afirmou que a alimentação responde por aproximadamente, 50% das variações de gordura e proteínas do leite. Porém, praticamente não afeta o conteúdo de lactose. No caso do atual experimento, não somente a lactose, como também a gordura e a proteína do leite não alteraram.

Dietas com alto teor de CNF (fração  $A'+B_1'$ ) podem reduzir a concentração ruminal de acetato e a relação acetato:propionato (Santini et al., 1992), resultando na maior expressão do propionato, que, por sua vez, é o principal ácido para produção do açúcar do leite, a lactose. Contudo, o consumo das frações  $A'$  e  $B_1'$  dos carboidratos entre as dietas não apresentou diferença (Tabela 4) que viesse afetar o teor de lactose do leite.

O teor de proteína da dieta tem baixa influência na porcentagem de proteína do leite. González et al. (2001) entendem que a adição extra de proteína na alimentação, independente da

degradabilidade ruminal, apresenta um efeito pouco significativo na porcentagem de proteína no leite. Porém, Block (2000) cita que aumentando a proteína na dieta acima das exigências, aumenta-se a proteína do leite, o que não foi o caso do presente trabalho, já que a dieta foi formulada em níveis adequados para atender a necessidade de cabras em lactação.

A porcentagem de gordura do leite, assim como a produção de leite, não foi alterada pela dieta, mas foi possível perceber, também, uma elevação no valor da gordura do leite da silagem de milho em até 0,4 pontos percentuais, biologicamente significativa, o que viabiliza uma justificativa para tal fato.

A dieta, embora tenha sido fornecida com semelhantes valores de FDN oriunda da forragem (Tabela 2), a silagem de milho apresentou maior consumo de fibra fisicamente efetiva (FDNfe) (Tabela 3) devido ao maior consumo de volumoso, em  $\text{kg.dia}^{-1}$ . Nesse sentido, é importante salientar que o efeito da FDNfe é preponderante sobre o percentual de gordura do leite, de forma que, para manter a função normal do rúmen e a porcentagem de gordura do leite, é necessário que grande quantidade de fibra seja oriunda de forragens (Varga et al., 1998).

Aumento dos teores de fibra nas dietas promoveu elevação do tempo gasto com atividade mastigatória (alimentação e ruminação) (Tabela 3, Capítulo 2) e do pH ruminal, em razão do maior fluxo de saliva para o rúmen, aumentando, com isso, o fluxo de substâncias tamponantes, que propiciam um ambiente ruminal favorável para o crescimento de microrganismos celulolíticos, que caracteristicamente produzem altas relações acetato:propionato no líquido ruminal (Lammers et al., 1996), conseqüentemente elevando o teor de gordura do leite, uma vez que o acetato tem grande influência na gordura do leite, por ser um precursor na síntese endógena (Santini et al., 1992).

Comparando a composição do leite (%) entre a ordem de parição dos animais, nota-se que as multíparas produziram leite com maior teor de proteína e menor teor de lactose. Neste caso, o efeito é entendido mais como ação do fator maturidade fisiológica do que da nutrição, propriamente dita. Entretanto, o maior teor de proteína do leite de cabras multíparas, do presente trabalho, não corresponde à conclusão de Carvalho (2002) de que, à medida que aumenta o número de lactações, há diminuição do teor de proteína do leite.

Corrêa (2010), avaliando o efeito da ordem de parto em vacas holandesas, verificou comportamento da lactose semelhante ao do atual experimento com cabras leiteiras, no qual a porcentagem de lactose diminuiu com o avanço da ordem de lactação, dados estes que conferem com Noro (2004), que avaliou os dados de rebanhos bovinos em controle leiteiro do estado do Rio Grande do Sul.

O teor de gordura do leite, entre as ordens de parto, não foi afetado, assim como o consumo de FDNfe (Tabela 4) também não foi.

## **CONCLUSÕES**

Dietas isofibrosas, com efetividade física da fibra semelhantes, e utilizando diferentes qualidades de volumosos, influencia respostas do animal como o consumo de matéria seca e nutrientes e a digestibilidade da dieta, podendo, por fim, comprometer a produção de leite e seus constituintes, uma vez que evidências de efeito ocorreram na constituição do leite.

## REFERÊNCIAS

- AGRICULTURAL AND FOOD RESEARCH COUNCIL - AFRC. **Energy and protein requirements of ruminants**. Wallingford: CAB International, p. 159, 1993.
- ALLEN, M.S. Physical constraints on voluntary intake of forages by ruminants. **Journal of Animal Science**, v.74, p.3063-3075, 1996.
- ARAÚJO FILHO, J. A.; GADELHA, J. A.; SOUZA, P. Z.; LEITE, E. R.; CRISPIM, S. M. A.; REGO, M. C. Composição botânica e química da dieta de ovinos e caprinos em pastoreio combinado na região dos Inhamuns, Ceará. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v. 25, p. 383-395, 1996.
- BEAUCHEMIN, K. A., and J. G. BUCHANAN-SMITH. Effects of dietary neutral detergent fiber concentration and supplementary long hay on chewing activities and milk productions of dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.72, n. 10, p.2288-2299. 1989
- BEAUCHEMIN, K.A. Using ADF and NDF in dairy cattle diet formulation- a western Canadian perspective. **Animal Feed Science Technology**. v.58, n.1, p. 101-111, 1996.
- BERCHIELLI, T.T. **Efeito da relação volumoso: concentrado sobre a partição da digestão, a síntese de proteína microbiana, produção de ácidos graxos voláteis e o desempenho de novilhos em confinamento**. Belo Horizonte: UFMG, 1994. 104p. Tese (Doutorado em Ciência Animal) – Universidade Federal de Minas Gerais, 1994.
- BEUVINK, J.M.W.; SPOELSTRA, S.F. Interactions between substrate, fermentation end-products, buffering systems and gas production upon fermentation of different carbohydrates by mixed rumen microorganisms in vitro. **Applied Microbiology and Biotechnology**, v.37, p.505-509, 1992.
- BLOCK, E. Nutrição de vacas leiteiras e composição do leite. In: II SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE QUALIDADE DO LEITE, 2., 2000, Curitiba. **Anais...** Curitiba: Associação Paranaense de Criadores de Bovinos da Raça Holandesa/Universidade Federal do Paraná, p.85-88, 2000.
- BRANCO, R.H. **Avaliação da qualidade da fibra sobre a cinética ruminal, consumo e eficiência de utilização de nutrientes em cabras leiteiras**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2005. 151p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa. 2005.
- CABRAL, L. S.; VALADARES FILHO, S. C.; DETMANN, E.; et al. Taxas de digestão das frações protéicas e de carboidratos para as silagens de milho e de capim-elefante, o feno de capim-tifton-85 e o farelo de soja. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.6, p.1573-1580, 2004.
- CARVALHO, G.F. et al. Milk yield somatic cell and physico-chemical characteristics of raw Milk collected from dairy cows in Minas Gerais State. In: CONGRESSO PANAMERICANO DE QUALIDADE DO LEITE E CONTROLE DE MASTITES, 2., 2002, Ribeirão Preto. **Anais...** Ribeirão Preto: Instituto Fernando Costa, [2002]. (CD-ROM).

- CARVALHO, S.; RODRIGUES, M.T.; BRANCO, R.H. et al. Consumo de nutrientes, produção e composição do leite de cabras da raça Alpina alimentadas com dietas contendo diferentes teores de fibra. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.3, p.1154-1161, 2006 (supl).
- CASALI, A.O.; DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S.C. et al. Influência do tempo de incubação e do tamanho de partículas sobre os teores de compostos indigestíveis em alimentos e fezes bovinas obtidos por procedimentos in situ. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.2, p.335-342, 2008.
- CORASSIN, C.H. et al. Avaliação das ferramentas utilizadas no balanceamento de dietas completas para vacas em lactação. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, v.26, n.2, p. 241-249, 2004.
- CORRÊA, A.M.F. **Variação na Produção e Qualidade do Leite de Vacas da Raça Holandesa em Função da Ordem de Parto**. 2010. Monografia (Especialização em Zootecnia) – Universidade Estadual de Maringá, Paraná, 2010.
- CUNHA, M.G.G. Nutrição e Manejo Alimentar de Caprinos Leiteiros. In: SOUSA, W.H; SANTOS, E.S. 1999. Criação de Caprinos Leiteiros: uma alternativa para o semi-árido. João Pessoa: **EMEPA-PB**, p. 207, 1999.
- DEHORITY, B. A. AND R. R. JOHNSON. Effect of particle size upon the in vitro cellulose digestibility of forages by rumen bacteria. **Journal of Dairy Science**. 44:2242, 1961.
- DERIAZ, R. E. Routine analysis of carbohydrate and lignin in herbage. **Journal of Science and Food Agriculture**, v.12, p. 150-160, 1961.
- ELLIS, W.C.; BEEVER, K.C. Methods for binding rare earths to specific feed particles. In: KENNEDY, C.M.P. (Ed.) Techniques in particles size analysis of feed and digest in ruminants . Edmonton: **Canadian Society of Animal Science**, p.154-165, 1984.
- FAICHNEY, G.J. The use of markers to partition digestion within the gastrointestinal tract of ruminants. In: MACDONALD, I.W.; WARNER, A.I.C. (Eds). Digestion and metabolism in ruminant. Armidale: **University of New England Publishing Unit**, p.277-29, 1975.
- FELISBERTO, N.R.O. **Tamanho da Partícula da Forragem em Dietas para Cabras Leiteiras**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2011. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa. 2011.
- FORBES, J.M. **Voluntary food intake and diet selection by farm animals**. Madison: CAB International, p.532, 1995.
- FREDEEN A.H. Considerations in the nutritional modification of milk composition. **Animal Feed Science and Technology** v59, p.185-197. 1996.
- GOERING, H.K. AND VANSOEST, P.J. Forage fiber analysis (apparatus, reagents, procedures and some applications), **Agricultural Handbook** No. 379 ARS-USDA, Washington, DC. 1970.
- GONZÁLEZ, F.H.D. Pode o leite refletir o metabolismo da vaca? In: DÜRR, J.W.; CARVALHO, M.P. de; SANTOS, M.V dos. **O compromisso com a qualidade do leite no Brasil**. Passo Fundo: UPF Editora, p.195-209, 2004.
- GONZÁLEZ, F.H.D.; DÜRR, J.W.; FONTANELI, R.S.; et al. **Uso do leite para monitorar a nutrição e o metabolismo de vacas leiteiras**. Porto Alegre: Gráfica UFRGS, p.77, 2001.

- HALL, M. B.; HOOVER, W. H.; JENNINGS, J. P.; WEBSTER, T. K. M. A method for partitioning neutral detergent-soluble carbohydrates. **Journal of Science and Food Agriculture**, London, v. 79, n. 15, p. 2079-2086, 1999.
- HALL, M. B.; PELL, A. N.; CHASE, L. E. Characteristics of neutral detergent-soluble fiber fermentation by mixed ruminal microbes. **Animal Science and Feed e Technology**, v.70, p.23-39, 1998.
- KIRMSE, R. J. **Effects of clearcutting on forage production, quality and decomposition in the woodland of Northeast Brazil: implications to goat and sheep nutrition**. Utah State University, 98p. (Tese de Doutorado). 1984.
- LAMMERS, B.P.; BUCKMASTER, D.R.; HEIRICHS, A. J. A simple method for the analysis of particle sizes of forage and total mixed rations. **Journal of Dairy Science**, v. 79, n. 5. p. 922-928, 1996.
- LEITE, E. R., ARAÚJO FILHO, J. A., PINTO, F. C. Pastoreio combinado de caprinos com ovinos em caatinga raleada: desempenho da pastagem e dos animais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 30, p. 1129-1134, 1995.
- LICITRA, G.; HERNANDES, T.M.; VAN SOEST, P.J. Standardizations of procedures for nitrogen fractionation of ruminants feeds. **Animal Feed Science and Technology**, v.57, p.347-358, 1996.
- LIRA, V.M.C.; PEREIRA, J.C.; VIEIRA, R.A.M.; et al Avaliação de marcadores e modelos matemáticos para o estudo das cinéticas de trânsito e de degradação ruminal em novilhos mantidos em pastagem de capim-braquiária (*Brachiaria decumbens* Stapf.), **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.3, p.902-913, 2006.
- LITTELL, R.C, MILLIKEN, G A., STROUP, WW, and WOLFINGER, R D. **SAS System for Mixed Models** (second edition) , Cary, NC: SAS Institute Inc, 2006.
- LOPES, D.S. **Efetividade física da fibra para caprinos**. Viçosa: UFV, 2009. 79p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 2009.
- MALAFAIA, P.A.M., VALADARES FILHO, S.C., VIEIRA, R.A.M. et al. Determinação das frações que constituem os carboidratos totais e da cinética ruminal da fibra em detergente neutro de alguns alimentos para ruminantes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.27, n.4, p. 790-796, 1998.
- MATIS, J.H., Gamma time-dependency in Blaxter's compartmental model. **Biometrics**, v.28, 597–602, 1972.
- MATIS, J.H., WEHRLY, T.E., ELLIS, W.C. Some generalized stochastic compartmental models for digesta flow. **Biometrics**, v.45, p.703–720, 1989.
- MATTOS, W.R.S. Limites da eficiência alimentar em bovinos leiteiros. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 41., 2004, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande: Sociedade Brasileira de Zootecnia, p.239-247, 2004.

- MERTENS, D. R. Using neutral detergent fiber to formulate dairy rations and estimate the net energy content of forages. Page 60 in Proc. Cornell Nutr, **Conf. Feed Manuf.**, Syracuse, NY. Cornell Univ., Ithaca, NY. 1983.
- MERTENS, D.R. Análise e sua utilização na avaliação de alimentos e formulação de rações. In: Simpósio Internacional de Ruminantes. **Anais...** SBZ-ESAL, 188, MG, 1992.
- MERTENS, D.R. Factors influencing feed intake in lactation cows: from theory to application using neutral detergent fiber. In: **Nutrition Conference**, 1985, Georgia. Proceedings... Georgia: p.1-18, 1985.
- MERTENS, D.R. Predicting intake and digestibility using mathematical models of ruminal functions. **Journal of Animal Science**, v.64, n.5, p.1548-1558, 1987.
- MERTENS, D.R. Regulation of forage intake. In: FAHEY JR., G.C. (Ed.) **Forage quality, evaluation, and utilization**. Wisconsin: American Society of Agronomy, p.450-493, 1994.
- MERTENS, D.R., ELY, L.O. A dynamic model of fiber digestion and passage in the ruminant for evaluating forage quality. **Journal of Anim. Science**, 49(4):1085, 1979.
- MERTENS, D.R., LOFTEN, J.R. The effect of starch on forage fiber digestion kinetics "in vitro". **J. Journal of Dairy Science.**, n. 63, v. 9, p. 1437-1446, 1980.
- MESQUITA, R. C. M.; LEITE, E. R.; ARAÚJO ILHO, J. A. Estacionalidade da dieta de pequenos ruminantes em ecossistema da caatinga. In: PUGNAN, J.P. (Ed.). **Utilización y manejo depastizales**. Montivideo, IICA, p.71-81. 1994
- MINSON, D.J. **Forage in ruminant nutrition**. San Diego: Academic Press, 1990. 483p.
- MOORE, J.A.; POND, K.R.; POORE, M.H.; GOODWIN, T.G. Influence of model and marker on digesta kinetic estimates for sheep. **Journal of Animal Science**, v.70, p.3528-3540, 1992.
- MOREIRA A. L.; PEREIRA O. G., et.al. Consumo e Digestibilidade Aparente dos Nutrientes da Silagem de Milho e dos Fenos de Alfafa e de Capim-Coastcross, em Ovinos, **Revista brasileira de zootecnia**, 30(3):1099-1105, 2001 (Suplemento 1)
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of dairy cattle**. 7.ed. Washington, D.C.: Academic Press, 2001.
- NORO, G. **Fatores ambientais que afetam a produção e a qualidade do leite em rebanhos ligados a cooperativas gaúchas**. 2004. 90f. Dissertação (Mestrado em Veterinária) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.
- PACIULLO, D.S.C. **Características anatômicas e nutricionais de lâminas coliares e Colmos de gramíneas forrageiras, em função do nível de inserção no perfilho, da idade e da estação de crescimento**. Tese (Doutorado em Zootecnia). Viçosa. Universidade Federal de Viçosa. p.104, 2000.
- PIRES, A.J.V.; CARVALHO, G.G.P.; GARCIA, R. et al. Fracionamento de carboidratos e proteínas de silagens de capim-elefante com casca de café, farelo de cacau ou farelo de mandioca. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.3, p.422-427, 2009.

- QUEIROZ, D.S. **Características anatômicas, químicas e digestibilidade in vitro de três gramíneas forrageiras.** Viçosa. Tese (Doutorado em Zootecnia). Universidade Federal de Viçosa, p.90, 1997.
- RAYMOND, W.F. **The nutritive value of forage crops.** Adv. Agr., 21:1-108, 1969.
- RIBEIRO, S.D.A. **Caprinocultura: Criação Racional de Caprinos.** São Paulo. Nobel, 1997. 1ª Ed, p. 318, 1997.
- SANTINI, F.J.; LU, C.D.; POTCHOIBA, M.J. et al. Dietary fiber and milk yield, mastication, digestion, and rate of passage in goats fed alfalfa hay. **Journal of Dairy Science.** v.75. n.1, p.209-219. 1992.
- SCHOFIELD, P.; PELL, A.N. Measurement and kinetic analysis of the neutral detergent-soluble carbohydrate fraction of legumes and grasses. **Journal of Animal Science** , v.73, p.3455-3463, 1995.
- SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análises de alimentos (métodos químicos e biológicos).** 3.ed. Viçosa, MG: Editora UFV, 2002. 235p.
- SMITH, A.M.; REID, J.T. Use of chromic oxide as an indicator of fecal output for the purpose of determining the intake of a pasture herbage by grazing cows. **Journal of Dairy Science**, v.38, n.5, p.515-524, 1955.
- SMITH, L. W., H. K. GOERING AND C. H. Gordon. Relationships of forage compositions with rates of cell wall components. **Journal of Dairy Science** 55:1140, 1972.
- SNIFFEN, C.J.; O'CONNOR, J.D.; VAN SOEST, P.J. 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.
- STATISTICAL ANALYSES SYSTEM - SAS. **User's guide: statistics.** versão 9.2. Cary: 2008.
- STEFANON, B., PELL, A.N., SCHOFIELD, P. Effect of maturity on digestion kinetics of water-soluble and water-insoluble fractions of alfafa and brome hay. **Journal of Animal Science**, v.74, n.5, p.1104-1115, 1996.
- TRAXLER, M.J.; FOX, D.G.; Van SOEST, P.J.; PELL, A.N.; LASCANO, C.E.; LANNA, D.P.D.; MOORE, J.E.; LANA, R.P.; VÉLEZ, M.; FLORES, A. Predicting forage indigestible NDF from lignin concentration. **Journal of Animal Science**, v.76, p.1469-1480, 1998.
- VAN SOEST , P.J. **Nutritional ecology of the ruminant.** 2. ed. Ithaca: Comstock, 1994. 476p.
- VAN SOEST, P.J. Symposium on factors influencing the voluntary intake of herbage by ruminants: voluntary intake in relation to chemical composition and digestibility. **Journal of Animal Science**, 24(3):834-843, 1965.
- VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B.; LEWIS, B.A. Methods of dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Animal Science**, v.74, p.3583-3597, 1991.
- VARGA, G.A., DANN, H.M., ISHLER, V.A. The use of fiber concentrations for ration formulation. **Journal of Dairy Science**, v. 81. n.12, p. 3063-3074. 1998.

VIEIRA, R.A.M.; TEDESCHI, L.O.; CANNAS, A. A generalized compartmental model to estimate the fibre mass in the ruminoreticulum: 1: Estimating parameters of digestion. **Journal of Theoretical Biology**, v.255 , p.345-356. 2008.

## Capítulo II

---

---

### Comportamento ingestivo de cabras em lactação alimentadas com diferentes fontes de fibra

#### RESUMO

Avaliou-se o comportamento ingestivo de cabras leiteiras alimentadas com diferentes fontes de fibra, com semelhante efetividade física. Foram utilizadas noventa e seis cabras leiteiras, com dias em lactação superior a 55 dias, massa corporal de  $51 \pm 7,7$  kg e produção de leite média de  $2,2$  kg.dia<sup>-1</sup>, distribuídas em um delineamento inteiramente casualizado, em arranjo fatorial 3x2, para avaliar os efeitos de três fontes de fibra: feno de tifton (*Cynodon spp*), silagem de milho (*Zea mays*), feno de alfafa (*Medicago sativa*) e duas ordens de parto (primíparas e múltíparas com ordem de parto de 2 ou 3). Cada fonte de fibra foi submetida a quatro baias, sendo duas baias de primíparas e duas baias de múltíparas, totalizando 12 baias experimentais. Em cada baia, foram marcados apenas três animais de baixa, média e alta produção de leite, para observação, durante 24 horas, a intervalos de 10 minutos. A silagem de milho apresentou maior tempo de ruminação e o feno de tifton, o menor tempo de ruminação, enquanto o maior tempo alimentando foi para o feno de alfafa e de tifton e finalmente a maior atividade mastigatória constou para silagem de milho e feno de alfafa. Houve efeito estatístico para ordem de parto nos tempos de ruminação, alimentando, atividade mastigatória e ócio (TO) em que as primíparas estiveram superiores às múltíparas exceto para TO. Os tempos de alimentação e ruminação, em função do kg de MS e de FDN consumidos, foram influenciados pelas diferentes fontes de fibra da dieta, exceto o tempo de alimentação por kg de MS que não diferiram entre si. O tempo de alimentação por kg de FDN foi maior para o feno de alfafa e menor para a silagem de milho. Já na ruminação, os animais passaram maior tempo ruminando tanto o kg de MS quanto o kg de FDN da silagem de milho, enquanto a dieta de feno de tifton manifestou menor tempo de ruminação por kg de FDN. Com o efeito da ordem de parto, as primíparas foram mais eficientes do que as múltíparas tanto na alimentação (min. kg MS<sup>-1</sup> e min. kg FDN<sup>-1</sup>) quanto na ruminação (min.kg MS<sup>-1</sup> e min. kg FDN<sup>-1</sup>) e conseqüentemente na atividade mastigatória (min.kg MS<sup>-1</sup> e min.kg FDN<sup>-1</sup>). Conclui-se que a qualidade da fibra da dieta, em dietas isofibrosas apresentando efetividade física equivalente, influencia no comportamento ingestivo das cabras em lactação.

## **Ingestive behavior of lactating goats fed with different fiber sources**

### **ABSTRACT**

Evaluate the ingestive behavior of dairy goats fed with different fiber sources, with similar physical effectiveness. Were used ninety-six dairy goats, with days in lactation exceeding 55 days, body weight of  $51 \pm 7.7$  kg and average milk production of  $2.2 \text{ kg} \cdot \text{day}^{-1}$ , distributed in a completely randomized design in factorial  $3 \times 2$ , to evaluate the effects of three fiber sources: tifton hay, corn silage, alfalfa hay and two kidding order (primiparous and multiparous kidding order of 2 or 3). Each source of fiber was subjected to four housed, two housed of primiparous and two housed of multiparous, totaling 12 experimental housed. In each housed, were scored only three animals of low, medium and high milk production, to be observed, during 24 hours at intervals of 10 minutes. Corn silage has increased rumination time and tifton hay, the shortest rumination time, while the longest feeding time was for alfalfa hay and tifton and consequently the largest chewing activity consisted to corn silage and alfalfa hay. There was statistical effect for kidding order in times of rumination, feeding, chewing activity and idling, in which primiparous were higher than multiparous except for idling time. Feeding times and rumination, in function of the intaked kg DM and kg NDF, were influenced by different sources of diet fiber, except feeding time per kg DM who did not differ among themselves. Feeding time per kg NDF was greater for alfalfa hay and corn silage for less. Already in rumination, the animals spent higher rumination time for Kg DM and the kg NDF of corn silage, while the tifton hay diet was the shortest rumination time per kg NDF. With the effect of kidding order, primiparous were more efficient than multiparous both in feeding and rumination. It is concluded that the quality of diet fiber in diets with similar fiber content, showing effectiveness equivalent physical effective fiber, influence on ingestive behavior of lactating goats.

## INTRODUÇÃO

O uso de fibra na dieta de ruminantes é muito importante, do ponto de vista nutricional, visto que, na fração fibrosa dos alimentos, encontra-se parte significativa de carboidratos que podem ser utilizados por aqueles animais em função da simbiose com os microrganismos ruminais, consistindo a mais vasta e econômica fonte de energia para os ruminantes. Entretanto, em rações para animais de elevada exigência energética, como cabras leiteiras de alta produção, há uma tendência de diminuição do teor de fibra e aumento da utilização de alimentos concentrados na dieta, visando atender os requisitos desses animais, mantendo-se níveis adequados de energia, permitindo crescimento de microrganismos. Mas, pelo menos o mínimo de fibra deve ser requerido na dieta para uma ótima produção e saúde de animais produtores de leite (NRC, 2001), por isso, no presente trabalho, estudam-se as diferentes fontes de fibra na alimentação de cabras leiteiras.

Fibra é nutricionalmente definida como sendo a fração lenta e incompletamente digerível dos alimentos, e que apresenta efeito de repleção no trato gastrointestinal dos animais (Mertens, 1997). Em função de sua lenta taxa fracional de degradação e baixa taxa de passagem através do ambiente ruminal, o conteúdo de fibra da ração vem sendo relacionado com o comportamento ingestivo dos animais.

A melhor medida do valor nutritivo dos alimentos é a produtividade animal, a qual é resultante da ingestão, digestão e eficiência de utilização de nutrientes absorvidos (Smith et al., 1972). Conhecer como o animal se comporta diante de determinados alimentos é um fator que contribui para melhorar a ingestão de nutrientes.

A capacidade de ingestão do alimento pelo animal depende da ação de fatores que interagem em diferentes situações de alimentação, comportamento animal e meio ambiente (Forbes, 1995). Em se tratando do comportamento ingestivo do animal, especial atenção deve ser dada aos caprinos uma vez que estes animais são considerados seletivos quanto à escolha dos alimentos e com habilidade para a busca de uma gama mais variada de recursos forrageiros do que aquela observada para grandes ruminantes. Em função destas peculiaridades do hábito alimentar destes animais, pode não ser apropriada a extrapolação de dados obtidos com outros ruminantes para a avaliação do comportamento ingestivo de caprinos.

Os processos de mastigação, durante a ingestão e a ruminação, são os acontecimentos mais importantes para ruminantes na quebra do material particulado. A propósito, a mastigação e a ruminação são os fatores que iniciam o processo de digestão da fibra, seja reduzindo o tamanho médio das partículas ou pela produção de saliva para a manutenção do pH ideal de crescimento das bactérias fibrolíticas. A digestão microbiana, por si só, não contribui com a redução do tamanho de

partícula (Ulyatt, 1983), mas auxilia na desestruturação da parede celular vegetal, facilitando a quebra da partícula durante a ruminação (Chai et al., 1984).

O tempo necessário para reduzir o tamanho da fibra é dependente da ação física da mastigação. Assim, na maioria das vezes, a fibra apresenta uma reduzida taxa de trânsito, aumentando a quantidade de resíduos não digeridos que permanecem no rúmen, levando à limitação do consumo (Rodrigues, 2004).

Van Soest (1994) afirma que existe relação direta entre o consumo de parede celular e a ruminação, de maneira que a facilidade de ruminação de um alimento é propriedade da composição do alimento, em particular do seu conteúdo de parede celular. Em ovelhas e vacas, foi observado que, tanto a redução da qualidade, quanto a maior concentração de forragem na dieta, demandaram maior tempo de ruminação por unidade de forragem ingerida (Welch e Smith, 1970).

A eficiência de ruminação é, também, importante no controle da utilização de alimentos de baixa digestibilidade. Neste caso, o animal pode ruminar maior quantidade de alimentos por tempo de ruminação, aumentando o consumo e melhorando o desempenho produtivo (Welch, 1982).

Reconhecida a importância do tamanho de partículas e níveis de fibra na dieta (Branco, 2005; Carvalho, 2006; Felisberto, 2011), faz-se necessário estudar os efeitos de dietas com fibra fisicamente isofetiva, analisando a interação entre os constituintes da fibra oriunda de diferentes fontes de forrageiras para cabras leiteiras, considerando as peculiaridades no hábito alimentar da espécie. Portanto, o presente trabalho foi desenvolvido com a finalidade de avaliar o comportamento ingestivo de cabras leiteiras alimentadas com diferentes fontes de fibra, no entanto com semelhante efetividade física.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

### ***Características do experimento***

O experimento foi conduzido no município de Viçosa – MG, localizado na região da Zona da Mata, cujas coordenadas geográficas são: Latitude: 20° 45' 14"; Longitude: 42° 52' 53"; Altitude: 648 metros; e Clima: tropical de altitude.

Foram selecionadas 96 cabras leiteiras, com dias em lactação superior a 55 dias, massa corporal de  $51 \pm 7,7$  kg e produção de leite média de  $2,2 \text{ kg} \cdot \text{dia}^{-1}$ . Os animais foram vermifugados e confinados em baias coletivas, com dimensões de 4x4 m, com piso tipo cama de maravalha, sendo distribuídos oito animais em cada baia. Foi adotado o delineamento experimental inteiramente casualizado, no qual os animais foram arrançados num fatorial 3x2, para avaliar os efeitos de três

fontes de fibra: feno de tifton (*Cynodon spp*), silagem de milho (*Zea mays*), feno de alfafa (*Medicago sativa*) e duas ordens de parto (primíparas e multíparas com ordem de parto de 2 ou 3). Cada baía recebeu oito animais com três níveis de produção (1,5; 2,1; 3,0 litros.dia<sup>-1</sup>), sendo que os níveis de produção foram incluídos como covariável. Cada fonte de fibra foi submetida a quatro baias, sendo duas baias de primíparas e duas baias de multíparas, totalizando 12 baias experimentais.

Os fenos de tifton e de alfafa foram desintegrados em partículas com tamanho semelhante a da silagem de milho, com a finalidade de manter uma mesma efetividade física da fibra entre as forrageiras. Para isso foi realizado o teste de granulometria na silagem de milho e assim adequar a ensiladeira para a preparação dos cortes dos fenos de tifton e alfafa. Os fenos foram picados na ensiladeira de corte pelo sistema de facas e contra-facas, disponível no Departamento de Zootecnia da UFV.

O experimento teve a duração de 85 dias, sendo os animais submetidos inicialmente a 14 dias de adaptação às novas instalações, dietas experimentais e manejo, e os dados de comportamento ingestivo foi coletado no 72º dia ao longo de 24 horas.

Os animais tiveram acesso às dietas e água de forma *ad libitum*. As dietas foram isoproteicas para proteína metabolizável, e com fibra química e fisicamente efetiva equivalentes, contudo não apresentaram fermentescibilidade equivalentes, contendo misturas de fubá de milho (*Zea mays*), farelo de soja (*Glycine Max*) e farelo de trigo (*Triticum aestivum*) como concentrado que foram complementadas com uma mistura mineral balanceada para atender as exigências nutricionais de cabras leiteiras em lactação com média de 2,2 litros.dia<sup>-1</sup>, de acordo com as recomendações do AFRC (1993) (Tabela 1 e 2).

Tabela 1 – Composição bromatológica dos ingredientes utilizados nas dietas experimentais

Item	Ingredientes					
	Feno de tifton	Silagem de milho	Feno de alfafa	Farelo de soja	Fubá de milho	Farelo de trigo
MS (g.kg MS <sup>-1</sup> )	870,2	257,5	872,5	877,1	840,7	866,2
PB (g.kg MS <sup>-1</sup> )	138,3	71,1	213,2	499,9	86,6	199,8
EE (g.kg MS <sup>-1</sup> )	17,4	26,7	11,2	18,0	39,9	35,6
CT (g.kg MS <sup>-1</sup> )	770,4	851,6	675,8	413,2	861,4	710,0
CNF (g.kg MS <sup>-1</sup> )	123,7	366,7	263,6	306,3	693,4	342,9
FDNcp (g.kg MS <sup>-1</sup> )	646,7	485,0	412,1	106,9	168,1	367,1
FDA (g.kg MS <sup>-1</sup> )	328,8	298,1	356,1	65,0	25,1	110,3
LDA (g.kg MS <sup>-1</sup> )	32,8	36,8	71,9	1,4	3,2	30,3
FDN:LDA	22,1	13,7	6,7	89,1	57,9	13,5

MS = matéria seca, MO = matéria orgânica, PB = proteína bruta, EE = extrato etéreo, CT = carboidratos totais, CNF = carboidratos não-fibrosos, FDN = fibra em detergente neutro, FDNc = FDN corrigida para cinzas, FDNcp = FDN corrigida para cinzas e proteína, FDNi = FDN indigerível, FDA = fibra em detergente ácido, LDA = lignina em detergente ácido, MM = matéria mineral, NDT = nutrientes digestíveis totais.

Tabela 2 – Composição bromatológica das dietas experimentais

Item	Feno de tifton	Silagem de milho	Feno de alfafa
Proporção dos ingredientes (g.kg MS <sup>-1</sup> )			
Feno de tifton	467,3	0,0	0,0
Silagem de milho	0,0	646,3	0,0
Feno de alfafa	0,0	0,0	697,1
Farelo de soja	115,0	191,5	30,5
Fubá de milho	276,3	17,0	121,2
Farelo de trigo	100,0	101,8	102,4
Óleo	20,0	20,4	20,0
Sal comum	3,3	3,4	3,3
Bicarbonato de sódio	8,0	8,1	7,9
Calcário calcítico	11,2	11,5	10,5
Fosfato bicálcico	00,0	00,1	07,1
Mistura mineral <sup>1</sup>	•	•	•
Composição bromatológica (g.kg MS <sup>-1</sup> )			
MS	869,0	480,3	874,1
PB	166,0	163,5	194,9
PM	113,9	108,1	120,0
CT	716,5	716,5	660,9
CNF	318,9	342,3	312,3
FDNcp	397,7	374,2	348,5
FDNfefor	290,0	290,0	295,3
FDNfe	328,4	313,0	322,5
LDA	19,4	27,2	53,6

• Fornecida à vontade em cada baía durante todo o experimento.

<sup>1</sup>Mistura Mineral: 0,32% de sulfato ferroso; 0,48% de sulfato de cobre; 0,71% de sulfato de manganês; 2,67% de sulfato de zinco; 0,02% de sulfato de cobalto; 0,0125% de iodato de potássio; 0,006% de selenito de sódio; 95,78% de cloreto de sódio. MS = matéria seca, PB = proteína bruta, PM= proteína metabolizável, CT = carboidratos totais, CNF = carboidratos não fibrosos, FDNcp = FDN corrigida para cinzas e proteína, FDNfefor = FDN fisicamente efetiva proveniente da forragem, FDNfe = fibra fisicamente efetiva, LDA = lignina em detergente ácido.

### *Coletas de dados*

Para a avaliação dos efeitos da combinação de ordem de parição com diferentes fontes de fibra, foram observadas as variáveis relacionadas ao comportamento ingestivo.

O consumo voluntário foi calculado pela diferença entre o oferecido e as sobras; para tanto, as sobras foram ajustadas diariamente para corresponderem a 15% do total oferecido. Para cada tratamento foram construídas amostras compostas de sobras e fornecidos, coletadas semanalmente em cada baía, que foram congeladas a temperatura de -18 °C, para análises laboratoriais posteriores.

O comportamento ingestivo foi determinado mediante observação visual dos animais que se encontravam no convívio em grupo de oito animais por baía, totalizando doze baias. Dois dias antes de iniciar a observação os animais foram adaptados à iluminação por 24h. Em cada baía, foram marcados apenas três animais de baixa, média e alta produção de leite, para observação, durante 24 horas, a intervalos de 10 minutos, para determinação do tempo despendido em alimentação,

ruminação, ócio, em pé e deitado. Para determinação do tempo de mastigação por bolo regurgitado e número de mastigações por bocado, foram feitas quatro observações a cada turno (manhã, tarde, noite e madrugada). Na observação noturna dos animais, o ambiente foi mantido com iluminação artificial.

### *Análises laboratoriais e avaliação dos dados*

Nas amostras de sobras e fornecidos foram determinados os teores de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), matéria mineral (MM), cálcio (Ca), fósforo (P), utilizando as técnicas descritas em Silva e Queiroz (2002); fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína bruta (FDN<sub>cp</sub>) e fibra em detergente ácido (FDA) utilizando as técnicas descritas por Mertens et al, (2002); nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN), nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA) segundo Van Soest (1965) e lignina em ácido sulfúrico (LDA), utilizando as técnicas descritas Pereira & Rossi Jr. (1995). Nas amostras de fezes foram determinadas também o teor de FDN<sub>i</sub>, de forma que as fezes foram pesadas em sacos de tecido não tecido (TNT) e incubadas no bovino por 240 h como recomendado por Casali et al.(2008).

Para analisar o perfil granulométrico dos volumosos oferecidos, foram utilizadas peneiras padronizadas com aberturas de 25,40 mm, 9,52 mm, 4,00 mm, 2,00 mm, 1,18 mm, 0,50 mm e uma bandeja na parte inferior ao conjunto de peneira, denominada fundo, onde ficavam retidas partículas menores do que 0,50 mm.

De acordo com a metodologia sugerida por LOPES (2009), as peneiras foram movimentadas por um agitador mecânico modelo Produtest<sup>®1</sup> em intensidade máxima, com alíquotas de 30 gramas de amostras, durante o tempo de um minuto.

Ao final da agitação o material retido em cada peneira foi pesado em balança digital de precisão com duas casas decimais. O peso do material retido em cada peneira foi então expresso como percentual do peso total de amostra avaliada, enquanto o peso de material fisicamente efetivo foi considerado o percentual do peso total retido em peneira de 1,18 mm e de aberturas maiores (2,00; 4,00; 9,52 e 25,40 mm). Os volumosos como o feno de tifton, silagem de milho e feno de alfafa foram caracterizados por conter média de 88% de partículas fisicamente efetivas.

As dietas foram calculadas a partir das composições dos alimentos, obtidos em análises laboratoriais.

Os valores estimados de carboidratos totais (CT) e carboidratos não fibrosos (CNF) foram obtidos a partir das equações propostas por Sniffen et al. (1992) e Van Soest et al. (1991), respectivamente:

$$CT = 100 - (\%PB + \%EE + \%MM)$$

$$\text{CNF} = 100 - (\%PB + \%EE + \%MM + \%FDNcp)$$

Segue a equação abaixo para calcular o tempo de atividade mastigatória:

$$\text{TMT} = \text{TA} + \text{TRU}$$

em que: TAM (min/dia) = tempo diário de mastigação total; TRU (min/dia) = tempo de ruminação, TA (min/dia) = tempo total gasto em alimentação.

Os coeficientes referentes aos fatores do comportamento ingestivo foram obtidos utilizando-se as equações:

$$\text{CAMS} = \text{TA}/\text{CMS};$$

$$\text{CAFDN} = \text{TA}/\text{CFDN};$$

$$\text{CAMSPM} = \text{TA}/(\text{CMS}/\text{PM});$$

em que: CMS ( $\text{Kg.dia}^{-1}$ ) = consumo diário de matéria seca; CFDN ( $\text{Kg.dia}^{-1}$ ) = consumo total diário de FDN; PM ( $\text{Kg}^{-0,75}$ ) = peso metabólico; CA = coeficiente de alimentação, podendo ser com os seguintes denominadores: CAMS (min/Kg MS consumido); CAFDN (min/Kg FDN consumido; CAMSPM (min/(g MS consumida/ $\text{Kg}^{-0,75}$ )).

Os coeficientes de ruminação (CR) CRMS, CRFDN, CRMSPM, CRFDNPM e de atividade mastigatória (CAM) CAMMS, CAMFDN, CAMMSPM, seguem na mesma linha de raciocínio.

### *Análise estatística*

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com fatorial 3x2, com uma repetição, conforme a ordem de parto, primíparas e múltiparas, para se avaliar os efeitos de três fontes de fibra, em que a baia constituiu a unidade experimental.

As variáveis tomadas na unidade experimental baia (coeficientes gerados apartir de consumo em grupo) foram analisadas segundo um delineamento inteiramente casualizado em arranjo fatorial, utilizando o procedimento GLM (SAS 9.2), de acordo com o seguinte modelo estatístico:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \delta_j + (\alpha\delta)_{ij} + e_{ijk}$$

No qual  $Y_{ijk}$  corresponde à medida efetuada na k-ésima baia, pertencente à j-ésima ordem de parição e recebendo a dieta contendo a i-ésima fonte de fibra. No modelo,  $\mu$  é uma constante inerente ao mesmo,  $\alpha_i$  representa o efeito fixo da i-ésima fonte de fibra,  $\delta_j$  corresponde ao efeito fixo da j-ésima ordem de parição,  $e_{ijkl}$  representa o erro aleatório NID (0,  $\sigma^2$ ).

As variáveis tomadas nos animais dentro da baia (tempo de ruminação, alimentação, atividade mastigatória, ócio, em pé e deitado) foram analisadas de acordo com o seguinte modelo estatístico adotando o procedimento PROC MIXED (SAS 9.2):

$$Y_{ijkl} = \mu + \alpha_i + \delta_j + (\alpha\delta)_{ij} + b_{k:ij} + e_{ijkl}$$

no qual  $Y_{ijkl}$  corresponde à medida efetuada no l-ésimo animal da j-ésima ordem de parição alojado na k-ésima baia, onde recebeu a i-ésima fonte de fibra;  $b_{k:ij}$  representa o efeito aleatório de baia dentro de cada combinação fonte de fibra versus ordem de parição  $NID(0, \sigma_b^2)$ ,  $e_{ijkl}$  representa o erro aleatório  $NID(0, \sigma^2)$ . Todos os outros termos foram citados anteriormente.

O modelo estatístico foi ajustado aos dados utilizado o método de estimação máxima verossimilhança restrita, os graus de liberdade para o resíduo foram computados segundo o método de Kenward-Roger. As médias de mínimos quadrados foram obtidas a partir da declaração LSMEANS e as diferenças testadas utilizando o teste de Tukey-Kramer ajustado para multiplicidade (Littell et al., 2006). Adotou-se  $\alpha = 0.05$ .

## RESULTADOS

Observa-se que não houve efeito estatístico para tempo deitado e de mastigação por bolo regurgitado, enquanto tempo em pé e número de mastigação por bolo regurgitado houve interação entre dietas e ordem de parto. Tempo ruminando, alimentando, em atividade mastigatória e em ócio diferiram estatisticamente, variando entre dietas e ordem de parição (Tabela 3).

A silagem de milho apresentou maior tempo de ruminação e o feno de tifton, o menor tempo de ruminação, enquanto o maior tempo alimentando foi para o feno de alfafa e de tifton e finalmente a maior atividade mastigatória constou para silagem de milho e feno de alfafa. Inversamente à atividade mastigatória, tem-se menor tempo ócio para o feno de tifton (Tabela 3).

Houve efeito estatístico para ordem de parto nos TR, TA, TAM e TO em que as primíparas estiveram superiores às múltíparas exceto para TO.

Como ocorreu interação em TP e MAST/BR, houve a necessidade de fazer o seu desdobramento como consta na tabela 4. As múltíparas para silagem de milho despenderam de maior tempo em pé do que as múltíparas do feno de alfafa e feno de tifton, não havendo diferença entre as primíparas. Ao comparar múltíparas e primíparas dentro da mesma dieta, foi significativo para o feno de tifton, em que as primíparas gastaram mais tempo em pé.

Em seguida, avaliando MAST/BR, as primíparas para silagem de milho e feno de alfafa foram superiores ao feno de tifton. Dentre as múltíparas, a silagem de milho apresentou menor valor, que por sua vez foi menor que as primíparas da mesma dieta, ao apresentar diferença estatística.

Tabela 3 - Médias do tempo de permanência em pé ou deitada, tempo despendido em alimentação, ruminação e ócio, tempo de atividade mastigatória total, em minutos por dia ( $\text{min.dia}^{-1}$ ), mastigação por bolo regurgitado (unidade), tempo de mastigação por bolo regurgitado (segundos), conforme as diferentes fontes de fibra nas dietas experimentais e ordem de parto

Item	Dieta <sup>1</sup>			Ordem de parto <sup>2</sup>			D	OP	DxOP
	FT	SM	FA	PRIM	MULT	CV(%)			
TP	•	•	•	•	•	10,57	0,1582	0,0522	0,0096
TD	723,33	713,33	763,33	713,89	752,78	10,32	0,2468	0,1337	0,0786
TR	292,50 <sup>c</sup>	470,00 <sup>a</sup>	389,17 <sup>b</sup>	413,33 <sup>a</sup>	354,44 <sup>b</sup>	19,96	<0,0001	0,0282	0,2595
TA	310,83 <sup>a</sup>	231,67 <sup>b</sup>	349,17 <sup>a</sup>	326,11 <sup>a</sup>	268,33 <sup>b</sup>	20,92	0,0002	0,0091	0,8823
TAM	603,33 <sup>b</sup>	701,67 <sup>a</sup>	738,33 <sup>a</sup>	739,44 <sup>a</sup>	622,78 <sup>b</sup>	16,55	0,018	0,0041	0,5547
TO	773,33 <sup>a</sup>	693,33 <sup>ab</sup>	636,67 <sup>b</sup>	633,33 <sup>b</sup>	768,89 <sup>a</sup>	16,01	0,0197	0,0011	0,546
MAST/BR	•	•	•	•	•	16,71	0,0004	0,006	0,004
TEMP/BR	42,33	47,80	50,55	45,94	47,85	16,80	0,1364	0,5295	0,2367

<sup>1</sup> FT = feno de tifton, SM = silagem de milho e FA = feno de alfafa.

<sup>2</sup> PRIM = primíparas; MULT = múltiparas.

CV = coeficiente de variação; D = Dieta; OP = ordem de parto; TP = tempo em pé; TD = tempo deitado; TR = tempo ruminando; TA = tempo alimentando; TAM = tempo em atividade mastigatória; MAST/BR = mastigação por bolo regurgitado; TEMP/BR = tempo de mastigação por bolo regurgitado. \* Interação entre dieta e ordem de parto.

• Interação entre dieta e ordem de parto.

Médias seguidas de letras diferentes na mesma linha diferem ( $p < 0,05$ ) pelo teste de Tukey.

Tabela 4 - Desdobramento da interação entre as dietas e as ordens de parto para o tempo em pé ( $\text{min.dia}^{-1}$ ) e mastigação por bolo regurgitado (unidade)

Ordem de Parto	Feno de tifton	Silagem de milho	Feno de alfafa
	TP		
Primíparas	716,67 <sup>A</sup>	656,7	661,7
Múltiparas	588,33 <sup>Bb</sup>	711,67 <sup>a</sup>	595,00 <sup>b</sup>
	MAST/BR		
Primíparas	50,62 <sup>b</sup>	80,54 <sup>Aa</sup>	78,69 <sup>a</sup>
Múltiparas	56,41 <sup>ab</sup>	54,12 <sup>Bb</sup>	67,40 <sup>a</sup>

Médias seguidas de letras diferentes, minúsculas na mesma linha ou maiúsculas na mesma coluna, diferem ( $p < 0,05$ ) pelo teste de Tukey.

Não foi observado efeito de interação para ordem de parto e dietas, referente aos parâmetros da tabela 5. Entretanto ao avaliar os tempos de alimentação e ruminação, ambos sendo avaliados em função do kg de MS e de FDN consumidos, observa-se que foram influenciados pelas diferentes fontes de fibra da dieta, exceto o tempo de alimentação por kg de MS que não diferiram entre si, apresentando média de 165,00  $\text{min. kg MS}^{-1}$ .

O tempo de alimentação por kg de FDN foi maior para o feno de alfafa (527,10  $\text{min. kg FDN}^{-1}$ ) e menor para a silagem de milho (421,73  $\text{min. kg FDN}^{-1}$ ). Já na ruminação, os animais passaram maior tempo ruminando tanto o kg de MS quanto o kg de FDN da silagem de milho (303,93  $\text{min. kg MS}^{-1}$ ).

kg MS<sup>-1</sup>; 859,15 min. kg FDN<sup>-1</sup>, respectivamente), enquanto a dieta de feno de tifton manifestou menor tempo de ruminação por kg de FDN (457,35 min. kg FDN<sup>-1</sup>). Da mesma maneira como ficou definido também o comportamento dos dados para tempo de ruminação por kg de MS em função do peso metabólico.

A eficiência da atividade mastigatória diferiu estatisticamente. Finalmente totaliza uma maior atividade mastigatória por kg de MS, por kg de FDN e por g MS. kg<sup>-0,75</sup> para a silagem de milho e menor para o feno de tifton.

Embora não tenha ocorrido interação significativa entre os parâmetro de comportamento da tabela 5, alguns dados além de diferirem conforme as diferentes dietas, sofreram também influência da ordem de parto, em que as primíparas foram mais eficientes do que as múltiparas tanto na alimentação (min. kg MS<sup>-1</sup> e min. kg FDN<sup>-1</sup>) quanto na ruminação (min.kg MS<sup>-1</sup> e min. kg FDN<sup>-1</sup>) e conseqüentemente na atividade mastigatória (min.kg MS<sup>-1</sup> e min.kg FDN<sup>-1</sup>), não sendo significativas apenas quando se refere ao tempo por kg de MS em função do peso metabólico.

Tabela 5 – Características do comportamento ingestivo em função da dieta e ordem de parto

Item	Dieta <sup>1</sup>			Ordem de parto <sup>2</sup>		CV(%)	D	OP	DxOP
	FT	SM	FA	PRIM	MULT				
<b>Alimentação</b>									
min. kg MS <sup>-1</sup>	170,13	149,20	175,68	182,55 <sup>a</sup>	147,45 <sup>b</sup>	8,41	0,0769	0,0047	0,6435
min. kg FDN <sup>-1</sup>	487,00 <sup>ab</sup>	421,73 <sup>b</sup>	527,10 <sup>a</sup>	529,08 <sup>a</sup>	428,13 <sup>b</sup>	8,77	0,0322	0,0059	0,7276
min.(g MS. kg <sup>-0,75</sup> ) <sup>-1</sup>	3,28	2,90	3,22	3,21	3,05	7,82	0,1410	0,2832	0,7765
<b>Ruminação</b>									
min. kg MS <sup>-1</sup>	159,78 <sup>b</sup>	303,93 <sup>a</sup>	195,32 <sup>b</sup>	237,65 <sup>a</sup>	201,70 <sup>b</sup>	10,42	0,0003	0,0346	0,4241
min. kg FDN <sup>-1</sup>	457,35 <sup>c</sup>	859,15 <sup>a</sup>	586,55 <sup>b</sup>	686,58 <sup>a</sup>	582,12 <sup>b</sup>	10,45	0,0004	0,0343	0,3299
min.(g MS. kg <sup>-0,75</sup> ) <sup>-1</sup>	3,08 <sup>c</sup>	5,90 <sup>a</sup>	3,65 <sup>b</sup>	4,28	4,13	12,23	0,0005	0,6312	0,2775
<b>Atividade mastigatória</b>									
min. kg MS <sup>-1</sup>	329,90 <sup>c</sup>	453,15 <sup>a</sup>	371,00 <sup>b</sup>	420,18 <sup>a</sup>	349,18 <sup>b</sup>	5,39	0,0004	0,001	0,4699
min. kg FDN <sup>-1</sup>	944,35 <sup>c</sup>	1280,88 <sup>a</sup>	1113,63 <sup>b</sup>	1215,65 <sup>a</sup>	1010,25 <sup>b</sup>	5,79	0,001	0,0015	0,3585
min.(g MS. kg <sup>-0,75</sup> ) <sup>-1</sup>	6,35 <sup>b</sup>	8,80 <sup>a</sup>	6,87 <sup>b</sup>	7,50	7,18	6,08	0,0006	0,2651	0,1240

<sup>1</sup> FT = feno de tifton, SM = silagem de milho e FA = feno de alfafa.

<sup>2</sup> PRIM = primíparas; MULT = múltiparas.

Médias seguidas de letras diferentes na mesma linha diferem (p<0,05) pelo teste de Tukey.

CV = coeficiente de variação; D = Dieta; OP = ordem de parto;

## DISCUSSÃO

Considerando que as dietas foram formuladas para conter o mesmo teor de fibra, o tempo de ruminação e atividade mastigatória total fica em função do consumo de fibra fisicamente efetiva (FDN<sub>fe</sub>) e de matéria seca (MS), respectivamente. A silagem de milho apresentou maior tempo em ruminação devido à maior quantidade de fibra ingerida (594,81 g.d<sup>-1</sup>). Em contraste, no feno de tifton, foi gasto menor tempo para ruminar (292,50 min) uma menor quantidade de FDN<sub>fe</sub> ingerida (461,82 g.d<sup>-1</sup>).

Ao somar o tempo de ruminação ao tempo de alimentação, nota-se que, de acordo com o maior consumo de MS, maior a necessidade de mastigação para que esta dieta atinja tamanho adequado para escape do rúmen. A silagem de milho e o feno de alfafa (701,67; 738,33 min) obedeceram este comportamento, de forma que seus valores para tempo total de atividade mastigatória foram superiores ao do feno de tifton (603,33 min).

É curioso observar que, para ingerir maior quantidade de silagem de milho, foi necessário menor tempo de alimentação, o que sugeriria maior eficiência de mastigação por bolo alimentado, para garantir maior quantidade de bocado ingerido, o que não pode ser afirmado, pelo fato de não ter sido avaliado este dado na alimentação, apenas na ruminação.

Para que as dietas se constituíssem de quantidade semelhante de FDN oriunda da forragem (FDN<sub>f</sub>) (Tabela 2), foi necessário combinar as forrageiras com elementos concentrados para diluir a fibra do volumoso na dieta total (Tabela 2). Entretanto, isso leva a ter dietas com mesmo teor de FDN<sub>f</sub>, com diferentes proporções entre volumoso:concentrado, como as dietas do presente trabalho: feno de tifton, silagem de milho e feno de alfafa (47:53; 65:35 e 70:30). Os animais que consumiram as dietas com maior proporção de volumosos, como a silagem de milho e o feno de alfafa, tentaram compensar a ingestão desse material mais fibroso gastando maior tempo em atividade mastigatória (alimentação + ruminação), e menor tempo em ócio. Van Soest (1994) afirma que existe relação direta entre o consumo de parede celular e a ruminação, de maneira que a facilidade de ruminação de um alimento é propriedade da composição do mesmo, em particular, do seu conteúdo de parede celular.

Outro fator importante que contribui para o aumento no tempo de ruminação da fibra do volumoso feno de alfafa (6,65) e da silagem de milho (13,66) é a pior relação FDN:LDA desses volumosos (Tabela 1), quando comparada com a fibra do feno de tifton (22,07), uma vez que a lignina torna a fibra mais difícil de ser degradada pela ação fermentativa e mecânica da mastigação.

Cabe ressaltar que o tempo total de atividade mastigatória teve maior contribuição da ruminação para as dietas com maior proporção dos volumosos silagem de milho e feno de alfafa. Isso faz entender que o maior tempo despendido em ruminação foi necessário nesse processo de ingestão de MS, uma vez que parece ter acelerado o processo de redução de partículas, alcançando maior acomodação no rúmen e propiciando mais espaço no compartimento para receber novo alimento.

As dietas silagem de milho (67,33 un) e feno de alfafa (73,04 un) apresentaram média do número de mastigação por bolo regurgitado superior, quando comparadas com a dieta feno de tifton (53,51 un). No entanto as três dietas apresentaram suas respectivas MAST/BR em tempos semelhantes, logo, a dieta que apresenta maior número de mastigação num mesmo tempo, reforça a ideia de que para as dietas com maior proporção de volumoso é preciso compensar com a maior aceleração da mastigação, a fim de alcançar maior ingestão de MS.

O efeito estatístico obtido entre ordem de parto mostra que as primíparas gastam mais tempo alimentando, ruminando e, conseqüentemente, menor tempo em ócio. As fêmeas primíparas apresentaram maior demanda energética porque, além da sua produtividade leiteira, são animais que ainda estão em pleno desenvolvimento, necessitando desviar nutrientes para crescimento de órgãos e vísceras. Na tentativa de atender essa demanda de energia, as primíparas consumiram o mesmo quantitativo de MS que as multíparas (Tabela 4) mesmo sendo animais com menor capacidade ruminal para ingestão de MS, considerando que a capacidade ruminal é proporcional à massa corporal do animal (Parra, 1978; Demment, 1982).

Outra possível explicação para que as primíparas gastassem mais tempo em atividade mastigatória do que as multíparas é que o tempo em atividade mastigatória total está em função do tamanho do animal, pois, em animais mais jovens, a base dentária utilizada para quebrar o alimento é menor (em área) e, também, tem menor força de maceração do que a de um animal adulto. Sendo assim, um animal mais jovem gasta mais tempo para processar uma mesma quantidade de material, já que, para ser deglutido, o alimento deve estar num tamanho adequado.

Perez-Barberia & Gordon (2008) fazem uma revisão sobre eficiência de mastigação e massa corporal, no qual relatam que um incremento em qualquer função do dente (área de contato oclusa, superfície molar oclusal, comprimento de arestas de corte) envolve melhoria na eficiência de mastigação. Em seguida, a eficiência de mastigação e a massa corporal seriam positivamente relacionada (Shipley et al., 1994). Fortelius (1985) e Druzinsky (1993) avaliando 11 e 26 espécies de mamíferos, respectivamente, encontraram uma relação negativa significativa entre a massa corporal e a frequência de mastigação (0,193 e - 0,128, respectivamente).

Essa compensação pode ser atribuída ao seu maior tempo gasto com a atividade mastigatória total (Tabela 3), principalmente na ruminação, refletindo a necessidade de processar a digesta ruminal, na tentativa de balancear as ingestões de energia às demandas energéticas, ou seja, maximizando a eficiência digestiva.

A fermentação ruminal, indiretamente, pode contribuir para a redução do tamanho de partículas pelo aumento da fragilidade dos tecidos, mas tem pouco efeito direto sobre o processo (Mertens, 1993). É o processo de mastigação que efetivamente causa uma real influência sobre as partículas, que têm seu tamanho reduzido e sua gravidade específica aumentada, tornando-as mais propensas à passagem.

Comparando os tempos de alimentação, ruminação e atividade mastigatória, por kg de MS e por kg de FDN, entre as dietas (Tabela 5), observa-se que o feno de alfafa teve o maior tempo despendido para alimentação por kg de FDN do que a silagem de milho, indicando a necessidade de maior tempo para ingerir o feno de alfafa do que a silagem de milho, talvez em função da estrutura física do material desidratado, que demanda maior tempo para ensalivar, mastigar e deglutir. Sendo assim, a mastigação da silagem de milho foi compensada no tempo de ruminação, que foi superior à do feno de alfafa.

Comparando com o feno de tifton, o tempo de ruminação por kg FDN foi superior para a silagem de milho e o feno de alfafa, o que pode ser justificado por terem as fibras com menor relação FDN:LDA (13,7 e 6,7, respectivamente), ao serem comparadas com o feno de tifton (22,1). Welch & Smith (1970) também verificaram que, quando fibras de baixa qualidade foram consumidas por ovelhas e vacas, maiores foram os tempos em ruminação, mostrando que a qualidade da dieta influencia a eficiência de ruminação.

Comparando os tempos de alimentação, ruminação e atividade mastigatória, por kg de MS e por kg de FDN, entre as primíparas e múltíparas (Tabela 5), nota-se que as primíparas despenderam maior tempo para mastigar cada kg de MS ou kg de FDN, sendo que o processo da ruminação tem maior contribuição na mastigação total.

Ao entender que ambas ordens de parto apresentaram mesmo tempo de mastigação por cada bocado (Tabela 3), no momento da ruminação, se os bocados fossem do mesmo tamanho, o tempo de ruminação por kg de MS ou FDN seria igual, mas, como não foi o caso, as primíparas despenderam maior tempo de ruminação por kg de MS e de FDN (Tabela 4). Logo, para isso foi necessário que as primíparas tivessem ingerido bocados menores que os das múltíparas.

Além das primíparas ingerirem bocados menores, esses bocados ainda sofreram maior número de mastigações (MAST/BR, Tabela 4), caracterizando uma intensa quebra de partículas, o

que faz com que este material, depois de remastigado, retorne ao rúmen em tamanho ainda mais reduzido que o das múltíparas.

Quanto menores as partículas no rúmen, mais eficiente a ação fermentativa dos microrganismos sobre as partículas e melhor acomodadas podem ficar estas partículas, liberando espaço dentro do rúmen. Esse processo é necessário para que as primíparas, que são providas de um rúmen menor (proporcional ao peso corporal), consigam ingerir a mesma quantidade de MS e de FDN que as múltíparas.

## CONCLUSÕES

A qualidade da fibra da dieta, em dietas isofibrosas apresentando efetividade física equivalente, influencia no comportamento ingestivo das cabras em lactação, de forma que dietas isofibrosas formuladas com volumoso com elevado teor de fibra ou fibra com alta relação FDN:LDA, tem maior tempo despendido em atividade mastigatória (alimentação + ruminação), e menor tempo em ócio, para compensar a ingestão. Além do maior tempo gasto, tem a mastigação acelerada com o aumento do número de mastigação por bolo regurgitado, propiciando maior acomodação das partículas do rúmen para garantir maior capacidade de ingestão desse material mais fibroso.

## REFERÊNCIAS

- AGRICULTURAL AND FOOD RESEARCH COUNCIL - AFRC. **Energy and protein requirements of ruminants**. Wallingford: CAB International, 159p, 1993.
- BRANCO, R.H. **Avaliação da qualidade da fibra sobre a cinética ruminal, consumo e eficiência de utilização de nutrientes em cabras leiteiras**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2005. 151p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa. 2005.
- CARVALHO, S.; RODRIGUES, M.T.; BRANCO, R.H. et al. Consumo de nutrientes, produção e composição do leite de cabras da raça Alpina alimentadas com dietas contendo diferentes teores de fibra. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.3, p.1154-1161, 2006 (supl).
- CASALI, A.O.; DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S.C. et al. Influência do tempo de incubação e do tamanho de partículas sobre os teores de compostos indigestíveis em alimentos e fezes bovinas obtidos por procedimentos in situ. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.2, p.335-342, 2008.
- CHAI, K., KENNEDY, P.M. & MILLIGAN, L.P. Reduction in particle size during rumination in cattle. **Canadian Journal of Animal Science**, v.64, p.339-340, 1984.
- DEMMENT. M. W. The scaling of ruminoreticulum size with body weight in East African ungulates. **Afr. J. Ecol.** 20:43-47, 1982.
- DRUZINSKY R.E. The time allometry of mammalian chewing movements: chewing frequency scales with body mass in mammals. **Journal of Theoretical Biology** 160: 427-440, 1985, 1993.
- FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION -FAOSTAT - FAT- Statistics division/ Prod STAT: Livestock. Disponível em: <http://www.fao.org/es/ess/top/commodity>. Asp. Acesso em: 15/04/2005.
- FELISBERTO, N.R.O. **Tamanho da Particula da Forragem em Dietas para Cabras Leiteiras**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2011. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa. 2011.
- FORBES, J. M. **Voluntary food intake and diet selection by farms animals**. Cambridge: CAB International, 1995.
- FORTELIUS M. Ungulate cheek teeth: developmental, functional, and evolutionary interactions. **Acta Zoologica Fennica** 180: 1-76, 1985.
- LITTELL, R.C.; MILLIKEN, G.A.; STROUP, W.W.; WOLFINGER, R.D.; SCHABENBERGER, O. **SAS for mixed models**. 2nd ed. Cary: SAS Institute, 2006. 813p.
- MERTENS, D.R. Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows. **Journal of Dairy Science**. v, 80:1463-1481. 1997.
- MERTENS, D.R. Kinetics of cell wall digestion and passage in ruminant. In: JUNG, H.G.; BUXTON, D.R.; HATIFIELD, R.D. et al. (Eds.). Forage cell wall structure and digestibility.

- Madison: **America Society of Agronomy**; Crop Science Society of America; Soil Science Society America, 1993. p.535-570.
- MERTENS, D. R. Using neutral detergent fiber to formulate dairy rations and estimate the net energy content of forages. Page 60 in Proc. Cornell Nutr, **Conf. Feed Manuf.**, Syracuse, NY. Cornell Univ., Ithaca, NY. 1983.
- MERTENS, D.R., LOFTEN, J.R. The effect of starch on forage fiber digestion kinetics “in vitro”. **Journal. Dairy Science.**, n. 63, v. 9, p. 1437-1446, 1980.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of dairy cattle**. 7.ed. Washington, D.C.: Academic Press, 2001.
- PARRA, R. Comparison of foregut and hindgutfermentation herbivores. Pages 205-230 in G. G. Montgomery, ed. **The ecology of arboreal folivores**. Smithsonian Intitution, Washington, D.C. 1978.
- PEREZ-BARBERIA, F.J. & GORDON, I. J. Factors affecting food comminution during chewing in ruminants: a review. **Biological Journal of the Linnean Society** vol 63, Issue 2, 2008.
- RODRIGUES, M.T. Alimentação de cabras leiteiras. IN: VIII ENDEC – ENCONTRO NACIONAL PARA O DESENVOLVIMENTO DA ESPÉCIE CAPRINA, 2004, Botucatu. **Anais...** Botucatu, p.121-154, 2004.
- SHIPLEY L.A, GROSS J.E, SPALINGER D.E, HOBBS N.T, WUNDER B.A. The scaling of intake rate in mammalian herbivores. **The American Naturalist** 143: 1055–1082, 1994.
- SILVA, D. J e QUEIROZ, A. C.; 2002. **Análise de Alimentos (métodos químicos e biológicos)**. Viçosa: UFV, p. 235, 2002.
- SMITH, L.W.; GOERING, H.K.; GORDON, C.H. Relationships of forage compositions with rates of cell wall digestion and indigestibility of cell walls. **Journal of Dairy Science**, v.55, p.1140-1147, 1972.
- SNIFFEN, C.J.; O’CONNOR, J.D.; VAN SOEST, P.J. 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.
- STATISTICAL ANALYSES SYSTEM - SAS. **User’s guide: statistics**. versão 9.2. Cary: 2008.
- ULYATT, M. J. Plant fibre and regulation of digestion in the ruminant. In: Wallace, G. e Bell, L. (ed) **Fibre in Human and Animal Nutrition**. The Royal Society of New Zealand, p. 103-107, 1983.
- VAN SOEST , P.J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2. ed. Ithaca: Comstock, 1994.
- 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**, 24(3):834-843, 1965.
- VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B.; LEWIS, B.A. Methods of dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Animal Science**, v.74, p.3583-3597, 1991.

WELCH, J.G. Rumination, particle size and passage from the rumen. **Journal of Animal Science**, v.54, n.4, p. 885-895, 1982

WELCH, J.G.; SMITH, A.M. Forage quality and ruminant time in Cattle. **Journal of Dairy Science**, Champaign v. 53, n. 6, p. 797-800, 1970.