

DANIEL DOS SANTOS LOPES

EFETIVIDADE FÍSICA DA FIBRA PARA CAPRINOS

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

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2009

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

T

L864e
2009
Lopes, Daniel dos Santos, 1966-
Efetividade física da fibra para caprinos / Daniel dos Santos Lopes. -
Viçosa, MG, 2009.
xv, 81f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Inclui apêndices.

Orientador: Marcelo Teixeira Rodrigues.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

Inclui bibliografia.

1. Caprinos - Alimentação e rações. 2. Forragem - Qualidade.
3. Partículas (Física) . I. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de
Zootecnia. Programa de Pós-Graduação em Zootecnia. II. Título.

CDD 22 ed. 636.39

DANIEL DOS SANTOS LOPES

EFETIVIDADE FÍSICA DA FIBRA PARA CAPRINOS

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

APROVADA: 08 de maio de 2009

Maria Ignez Leão
(Coorientadora)

Augusto César de Queiroz
(Coorientador)

Ricardo Augusto Mendonça Vieira

Iran Borges

Marcelo Teixeira Rodrigues
(Orientador)

AGRADECIMENTOS

Ao Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa, pela oportunidade de realização deste curso.

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sudeste de Minas Gerais – Campus de Rio Pomba, por me permitir o afastamento pelo tempo necessário à conclusão deste curso.

Ao orientador e professor, Marcelo Teixeira Rodrigues, pela intensa atuação na análise dos dados encontrados, pelos ensinamentos, pela amizade e pela confiança.

Ao professor Ricardo Augusto Mendonça Vieira, pela colaboração valiosa no planejamento e análise dos resultados.

Aos professores Maria Ignez Leão, Augusto César de Queiróz e Iran Borges, pela colaboração e amizade.

Aos amigos Fernanda e Carlos, com quem ri e aprendi muito durante a condução do trabalho de campo.

Ao Luís Fernando, Thimóteo, Fernanda Zamuner, Wagner, Poliana, Leandro, Daniel, e todos os outros estagiários e amigos que muito ajudaram no trabalho de campo e nas análises laboratoriais.

Aos colegas Rogério e Simone, pelo apoio nos trabalhos de laboratório.

À Márcia, pela ajuda nas correções deste trabalho.

Aos funcionários do Laboratório de Nutrição Animal, Welington, Monteiro, Plínio e Fernando, pela colaboração nas análises.

Aos demais professores, funcionários e colegas do Departamento de Zootecnia, pela colaboração nos diversos momentos.

Aos amigos do IFET Rio Pomba, pelo incentivo.

Ao Frederico, pelo apoio, amizade e sugestões dadas.

Aos meus pais, José e Ozias, pelos exemplos e formação dados, e pelo apoio aos meus estudos.

À minha esposa, Rosângela, e ao meu filho, Miguel, pela confiança, torcida e amor incondicional.

Aos amigos de antes e de durante este curso, que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho, dedico minha amizade e gratidão.

ÍNDICE

	Página
LISTA DE TABELAS.....	v
LISTA DE FIGURAS.....	vii
LISTA DE GRÁFICOS.....	viii
LISTA DE TABELAS DO APÊNDICE.....	ix
RELAÇÃO DAS ABREVIACÕES UTILIZADAS NESTE TRABALHO.....	xi
RESUMO.....	xii
ABSTRACT.....	xiv
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	4
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	26
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	39
5. CONCLUSÕES.....	62
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	63
APÊNDICE.....	70

LISTA DE TABELAS

	Página
Tabela 1 - Composição nutricional da forragem de <i>Cynodon sp</i> e do concentrado.....	30
Tabela 2 - Composição nutricional dos fenos de coast-cross com diferentes níveis de qualidade e do concentrado.....	30
Tabela 3 - Especificações das peneiras fornecidas pelo fabricante (padronizadas pela norma ISO – 3310/1).....	34
Tabela 4 - Composição da fibra dos alimentos, de acordo com a qualidade da forragem e o tamanho de partículas.....	40
Tabela 5 - Perfil granulométrico dos fenos de coast-cross (<i>Cynodon dactylon</i>), com diferentes níveis de qualidade e tamanhos de partícula, e do concentrado (somatório de percentuais das peneiras).....	42
Tabela 6 - Perfil granulométrico das partículas do conteúdo rumino-reticular recuperado após o abate.....	43
Tabela 7 - Valores médios de consumo e composição do conteúdo ruminal.....	48
Tabela 8 - Valores estimados de α e β relacionados a cada parâmetro estudado	49

Tabela 9 - Consumo em função do tamanho de partícula e qualidade da forragem.....	51
Tabela 10 - Consumo de fibra em função do tamanho de partícula e qualidade da forragem.....	53
Tabela 11 - Composição e massa do conteúdo ruminal em função do tamanho de partícula e qualidade da forragem.....	57
Tabela 12 - Tempo médio (horas) de renovação no rúmen para matéria seca, FDN e lignina, em função do tamanho de partícula e qualidade do feno.....	61

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1 - Aspecto das amostras originais de feno com diferentes tamanhos de partículas: pequeno (1.1), médio (1.2) e grande (1.3), e de conteúdo ruminal, e das partículas retidas em cada peneira.....	44

LISTA DE GRÁFICOS

	Página
Gráfico 1 - Percentual de partículas de forragem de qualidade alta, triturada em três diferentes tamanhos: pequeno (P), médio (M) e grande (G), na dieta oferecida, no material ingerido e no conteúdo rumino reticular, retidas em peneiras de 1,19 mm.....	45
Gráfico 2 - Percentual de partículas de forragem de qualidade média, triturada em três diferentes tamanhos: pequeno (P), médio (M) e grande (G), na dieta oferecida, no material ingerido e no conteúdo rumino reticular, retidas em peneiras de 1,19 mm.....	46
Gráfico 3 - Percentual de partículas de forragem de qualidade baixa, triturada em três diferentes tamanhos: pequeno (P), médio (M) e grande (G), na dieta oferecida, no material ingerido e no conteúdo rumino reticular, retidas em peneiras de 1,19 mm.....	47

LISTA DE TABELAS DO APÊNDICE

Tabela 1A - Dados individuais dos animais para qualidade e tamanho de partícula da forragem consumida, idade e peso vivo ao início do experimento, hora de abate e peso vivo ao abate.....	71
Tabela 2A - Dados individuais dos animais para consumo diário de matéria seca de concentrado (CMSconc), matéria seca de forragem (CMSfor), matéria seca total (CMStotal), FDN de concentrado (CFDNconc), FDN de forragem (CFDNfor), FDN total (CFDNtotal) e de lignina (CLIG).....	73
Tabela 3A - Consumo diário de FDN fisicamente efetiva de concentrado (CFDN _{fe} conc), de FDN fisicamente efetiva de forragem (CFDN _{fe} for), de FDN fisicamente efetiva total (CFDN _{fe} total), de FDN fisicamente não efetiva (CFDN _{nfe}), de partículas fisicamente efetivas de concentrado (CMS _{ef} conc), de partículas fisicamente efetivas de forragem (CMS _{fe} for), e total de partículas fisicamente efetivas (CMS _{ef} total).....	75

Tabela 4A - Quantidade de conteúdo ruminal fresco (CRF), matéria seca (MS), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), lignina em detergente ácido, e de cinzas, no conteúdo ruminal, e porcentagem de partículas maiores e menores do que 1,19 mm no conteúdo ruminal.....	77
Tabela 5A - Perfil granulométrico dos fenos de coast-cross, em combinações de qualidade e tamanhos de partículas, e do concentrado, expresso em percentual retido por peneira.....	79
Tabela 6A - Perfil granulométrico estimado das partículas ingeridas, expresso como valores de massa de partículas retidas em cada peneira.....	80

RELAÇÃO DAS ABREVIACÕES UTILIZADAS NESTE TRABALHO

CFDN	Consumo de fibra em detergente neutro total ($\text{g.kg}^{-2,04}.\text{d}^{-1}$)
CFDNfe conc	Consumo de FDN fisicamente efetiva oriunda de concentrado ($\text{g.kg}^{-2}.\text{d}^{-1}$)
CFDNfe for	Consumo de FDN fisicamente efetiva oriunda de forragem ($\text{g.kg}^{-1,23}.\text{d}^{-1}$)
CFDNfe total	Consumo de fibra fisicamente efetiva total ($\text{g.kg}^{-1,24}.\text{d}^{-1}$)
CLIG	Consumo de lignina ($\text{g.kg}^{-1,97}.\text{d}^{-1}$)
CMSconc	Consumo de matéria seca oriunda de concentrado ($\text{g.kg}^{-2,08}.\text{d}^{-1}$)
CMSfor	Consumo de matéria seca oriunda de forragem ($\text{g.kg}^{-1,98}.\text{d}^{-1}$)
CMStotal	Consumo de matéria seca total ($\text{g.kg}^{-1,97}.\text{d}^{-1}$)
FDN	Fibra em detergente neutro
FDNc	Fibra em detergente neutro corrigida para cinzas
FDNfe	Fibra em detergente neutro fisicamente efetiva
CRF	Quantidade do conteúdo ruminal fresco ($\text{g. kg}^{-1,22}$)
INDR	Quantidade de matéria indigestível no rúmen ($\text{g. kg}^{-1,45}$)
LIGR	Quantidade de lignina no rúmen ($\text{g. kg}^{-1,44}$)
MSR	Quantidade de matéria seca no rúmen ($\text{g. kg}^{-1,81}$)
FDNR	Quantidade de FDN no rúmen ($\text{g. kg}^{-1,72}$)
FDNfeR	Quantidade de FDN fisicamente efetiva no rúmen ($\text{g. kg}^{-1,67}$)
TMR	Tempo médio de renovação (horas)

RESUMO

LOPES, Daniel dos Santos, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, maio de 2009. **Efetividade física da fibra para caprinos**. Orientador: Marcelo Teixeira Rodrigues. Coorientadores: Maria Ignez Leão e Augusto César de Queiroz.

O presente estudo apresenta como especulação a possibilidade da existência de interações entre as características químicas e físicas de plantas forrageiras atuando sobre o desempenho de pequenos ruminantes. A literatura apresenta evidências das ações individuais destes fatores, mas existe uma lacuna nas informações quando se busca seus efeitos interativos. Para implantar esta linha de pesquisa objetivou-se avaliar possíveis variações no consumo de alimento bem como variações da massa fibrosa no rúmen de caprinos, em diferentes horários, quando da alteração na qualidade da fonte forrageira fornecida, bem como do tamanho da partícula deste alimento. Analisamos as combinações obtidas entre três níveis de qualidade (alta, média e baixa, em função da idade, respectivamente de 35, 50 e 65 dias) de feno de coast-cross (*Cynodon dactylon*), desintegrado para obter três tamanhos de partículas

(pequeno, médio e grande) em delineamento experimental inteiramente casualizado, em arranjo fatorial 3x3, com 6 repetições . Os animais utilizados eram cabritos machos, não-castrados, das raças Saanen e Alpina, com idade média de 191 ± 4 dias, e massa corporal de $24,68 \pm 3,17$ kg. . O perfil granulométrico dos alimentos, sobras e conteúdo ruminal foi avaliado com uso de peneiras com abertura de 4,76 mm; 2,38 mm; 1,19 mm; 0,70 mm e 0,297 mm. A massa e a composição de fibra no rúmen se mantiveram inalteradas ao longo do dia. Os valores de conteúdo ruminal fresco, de MS, de fibra, de fibra fisicamente efetiva e de material indigestível não diferiram entre as diferentes combinações entre qualidade e tamanho de partículas estudadas, tampouco para o tempo médio de renovação da matéria seca e da fibra no rúmen. O tempo médio de retenção da lignina variou com a qualidade da forragm oferecida, sendo menor para o feno de baixa qualidade, o que implica em maior taxa de passagem ruminal da lignina para compensar o consumo de material lignificado. O maior consumo de MS e FDN com o feno de baixa qualidade ocorreu quando da oferta de partículas de maior tamanho permitindo a seleção do alimento. Contrariamente, maiores consumos de FDN e lignina foram observados quando os cabritos recebiam o feno de alta e média qualidade em partículas de tamanho pequeno. O consumo maior de fibra fisicamente efetiva, para feno dos três níveis de qualidade esteve associado aos maiores tamanhos de partícula. Concluimos que a composição e a massa de fibra no conteúdo ruminal de caprinos não é alterada ao longo do dia; o tamanho de partícula associado ao maior consumo varia com a qualidade da forragem, e que por sua vez influencia o tempo médio de renovação da lignina no rúmen.

ABSTRACT

LOPES, Daniel dos Santos, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, May, 2009.
Physical effectiveness of fiber to goats. Adviser: Marcelo Teixeira Rodrigues.
Co-advisers: Maria Ignez Leão and Augusto César de Queiroz.

The present study presents as speculation the possibility of existence of interactions between both chemical and physical characteristics of forage plants acting on performance of small ruminants. The literature presents evidences of individual actions of those factors, but there is a lack on informations in respect to interactive effects. The objective of our work was to evaluate possible variations on feed intake, on rumen fiber mass of goats in different moments of the day according to alteration on source of forage offered as well as the particle size of that feed. We analyzed the combinations obtained among three levels of quality, named as high, medium and low based on age of the plant which was considered as 35, 50 and 60 days for haymaking of coast-cross (*Cynodon dactylon*), chopped to obtain three particle size (small, medium and long) by using an experimental randomized design

in a 3 x 3 factorial arrangement with 6 repeats. Animals were non-castrated male Saanen and Alpine kids averaging 191 ± 4 days of age and body mass of 24.68 ± 3.17 kg. Granulometric profile of feed, refusals and ruminal content was evaluated by use of sieve openings of 4.76 mm, 2.38 mm, 1.19 mm, 0.70 mm and 0.297 mm. Mass and composition of fiber in the rumen were kept unaltered throughout the day. Values of fresh ruminal content, of DM, of fiber, of physically effective fiber, and of indigestible material did not differ among the different combinations between quality and particle size studied, nor to the average turnover time of dry matter and of fiber in the rumen. Average time of retention for lignin varied according to the quality of forage offered, with lower values for the hay of low quality, which implies in higher rate of ruminal passage of lignin to compensate the intake of lignified material. The higher intake of dry matter and NDF with the use of hay of low quality occurred as particles of higher size were offered allowing for selection of feed. Conversely, higher intake of NDF and lignin were observed as kids were offered high and medium quality hay chopped to present particles of small size. The higher intake of physically effective fiber was associated to hay with large particle size independent of the quality of the forage. We concluded that composition and fiber mass on rumen content of goats is not altered throughout of day and that the particle size associated with the higher intake varies with the quality of fiber which in turn influence the average turnover time of lignin in the rumen.

1. INTRODUÇÃO

Os caprinos são criados sob uma grande diversidade de ambientes, assumindo tradicionalmente importância do ponto de vista social, pela possibilidade de gerar renda para populações que sobrevivem em condições ambientais muitas vezes adversas. Por outro lado, nas últimas décadas a espécie ganha visibilidade por produzir leite, carne e mesmo fibra têxtil com características diferenciadas, ocupando nichos de mercado com considerável potencial de crescimento. Grandes progressos têm sido feitos pelas pesquisas em diversas áreas do conhecimento, como reprodução, genética, sanidade e nutrição.

Tem se tornado comum o surgimento de rebanhos com níveis de produção mais elevados, o que traz novos desafios no sentido de atender às exigências nutricionais destes animais. Em geral se considera o uso de alimentos volumosos economicamente conveniente, pois contribuem com considerável parcela da energia exigida pelo animal e estimulam a ruminação, o que preserva a estabilidade do ecossistema ruminal. No entanto, é característico das forrageiras tropicais apresentar

uma concentração elevada de fibra, com rápido processo de lignificação da parede celular, o que compromete a sua utilização por animais de alta produtividade. Estes animais exigem o aumento da ingestão de nutrientes pela adição de alimentos concentrados, de forma a suprir sua demanda por nutrientes.

Considera-se que o principal fator a determinar o consumo de alimentos pelos animais seja a demanda de energia para manutenção e produção. Também a repleção ruminal (resultante das reduzidas taxas de degradação e de passagem de alimentos fibrosos pelo rúmen) atua como limitante do consumo e da eficiência de utilização de nutrientes, o que reduz ou restringe o desempenho animal. Busca-se maximizar a ingestão de nutrientes por estes animais, mas a sua fisiologia exige a manutenção de valores mínimos de fibra, necessária para o estímulo à ruminação, essencial à homeostasia ruminal e qualidade da produção.

As publicações do NRC para gado de leite (NRC, 2001) e para pequenos ruminantes (NRC, 2007) pouco evoluíram em termos de recomendações sobre as exigências em fibra para as diferentes espécies, ao desconsiderar as correções para efetividade física da fibra, as interações com carboidratos não-fibrosos, e apenas apresentar sugestões de valores mínimos de fibra a serem utilizados nas dietas sem considerar valores para que se possa aperfeiçoar o seu uso.

Novos conhecimentos que levem a maior eficiência da fermentação ruminal dos alimentos são importantes para consolidar os caprinos como espécie de produção econômica relevante. Estimar de forma precisa as taxas de digestão e passagem de volumosos com diferentes atributos químicos e físicos é fundamental para maximar o consumo de alimentos e a formulação de dietas mais econômicas e eficientes.

O presente estudo apresenta como especulação a possibilidade da existência de interações entre características químicas e físicas de plantas forrageiras sobre o

desempenho de caprinos. A literatura apresenta evidências de ações individuais destes fatores, mas existe uma lacuna nas informações quando se busca seus efeitos interativos.

Para se avaliar a hipótese proposta nosso objetivo neste estudo foi estimar possíveis diferenças nas taxas de consumo, na massa de matéria seca, de fibra, e de material indigerível, além das taxas de renovação da fração indigerível da digesta no rúmen de caprinos quando se altera a qualidade da fração fibrosa e o tamanho de partículas da dieta oferecida aos animais.

2. REVISÃO DE LITERATURA

Os vegetais superiores são seres autotróficos, que fixam carbono durante a fotossíntese e produzem todas as substâncias orgânicas essenciais à vida, suprindo de nutrientes os animais herbívoros e outros organismos que deles se alimentam (Van Soest, 1994). Os carboidratos na natureza destinam-se a viabilizar a existência dos vegetais, sendo o seu emprego na nutrição animal puramente incidental, mas como representam aproximadamente 75% do peso seco dos vegetais do mundo (Maynard et al., 1984), acabam por representar a base das diversas cadeias alimentares.

A maior parte dos açúcares simples, nos tecidos vegetais, está complexada por ligações glicosídicas, formando dissacarídeos, oligossacarídeos e polissacarídeos, ou ainda ligadas a outros compostos que não carboidratos e formando moléculas diversas com interações químicas e físicas extremamente complexas (NRC, 2007).

A maioria dos vegetais importantes para a alimentação do homem e de seus animais domésticos tem sido selecionada durante sua longa relação com estas espécies e desenvolveram formas diversas de adaptação e de proteção para garantir

sua sobrevivência. Tais adaptações ocorreram em ecossistemas diferentes, envolvendo o pastejo sob condições distintas, e influenciaram a formação da diversidade existente entre as forrageiras (Van Soest, 1994).

Uma destas formas de proteção seria o desenvolvimento de fatores antinutricionais para resistir aos ataques ou ingestão pelos organismos heterotróficos (fungos, bactérias, herbívoros diversos, etc.), como os metabólitos secundários (taninos, alcalóides, terpenos, etc.), compostos que por vezes não apresentam outra função reconhecível, mas que podem ser tóxicos ou reduzir a disponibilidade de nutrientes (Van Soest, 1994; NRC, 2007).

Outra forma de proteção, típica de plantas adaptadas à herbivoria, é a estratégia de acumulação de reservas de nutrientes em rizomas ou raízes, o que permite rápida regeneração após o pastejo (Van Soest, 1994). A acumulação de carboidratos em geral ocorre sob a forma de amido nas plantas C4, enquanto as plantas C3 acumulam frutanas com vários graus de polimerização. O pico de acumulação de carboidratos solúveis se dá próximo à floração, e desde então ocorre declínio, associado ao desenvolvimento das sementes e estocagem de carboidratos solúveis em estruturas perenes das plantas (NRC, 2007).

Os carboidratos são a principal reserva da energia contida nas plantas, e contribuem com a maior parte da energia disponível para os ruminantes, para fins de manutenção e produção, devido à fermentação microbiana, que os converte em ácidos graxos voláteis.

Os carboidratos dividem-se em frações que têm propriedades nutricionais distintas. Os carboidratos solúveis em água (como dissacarídeos, frutanas, alguns tipos de amido e pectina) podem servir como reserva de energia para os vegetais, e uma vez ingeridos são de rápida fermentação pelos microrganismos do rúmen.

Porém parte dos carboidratos é depositada nos vegetais como polímeros (celulose, hemicelulose) insolúveis da parede celular, compondo a estrutura dos vegetais, sendo estes depósitos de energia irrecuperáveis pelo vegetal (Maynard et al., 1984; Van Soest, 1994; NRC, 2007), e o seu aproveitamento pelos mamíferos é limitado, pois estes não produzem enzimas capazes de digerir a fibra, exceto quando capazes de estabelecer simbiose com microrganismos fibrolíticos.

O estabelecimento de depósitos de carboidratos estruturais e lignina, geralmente associado à elevação da relação caule:folha, além de dar resistência à planta madura contra as intempéries, torna-se também uma estratégia de defesa contra a herbivoria, sendo a planta poupada quando amadurece rapidamente, em virtude do obstáculo físico à apreensão, mastigação, ruminação e digestão microbiana (NRC, 2007; Van Soest, 1994). A composição de cada parte da planta tende a variar, com maior teor de fibra nos caules, que tendem a ser menos digestíveis.

As condições ambientais afetam marcadamente a qualidade de uma determinada espécie forrageira. Um fotoperíodo mais extenso aumenta a taxa de fotossíntese, ocasionando maior acúmulo de carboidratos solúveis. Durante o dia pode ocorrer variação deste acúmulo em carboidratos, que tende a ser maior à tarde do que pela manhã (NRC, 2007). Maior temperatura ambiental tende a aumentar a atividade metabólica e a acumulação de fibra, com menor acúmulo de carboidratos solúveis (Van Soest, 1994), o que leva à redução da ingestão e da digestibilidade, embora de forma menos perceptível em plantas C4. Para uma mesma espécie, o seu cultivo em ambientes com maior latitude ou altitude, pode proporcionar aumento das horas de luz (maior taxa de fotossíntese) com menor temperatura (menor atividade metabólica), o que resulta em aumento da acumulação de carboidratos solúveis e conseqüentemente, melhor qualidade (NRC, 2007; Van Soest, 1994).

Porém, a variação combinada de temperatura e luz provavelmente é a mais importante, por controlar o ciclo reprodutivo. O ciclo sazonal das forragens envolve uma sequência de eventos que inclui, por exemplo, mudanças na relação caule:folha, produção de botões, inflorescências, sementes, e mobilização de reservas, sendo dependente das condições ambientais e localização geográfica, e podendo ser previsível ou variável (NRC, 2007).

Gramíneas tropicais, que realizam a fotossíntese pela via do C4, ao chegar à maturidade, acumulam maiores níveis de carboidrato estrutural do que gramíneas que usam a via C3 (NRC, 2007), portanto, alimentos produzidos sob condições tropicais apresentam composição nutricional diferente daquela dos alimentos obtidos em regiões de clima temperado (Van Soest, 1994). Foi relatado por Carvalho et al. (2006) que os fenos de *Panicum maximum*, *Cynodon dactylon* e *Brachiaria decumbens*, cortadas em seu estágio ótimo de maturação, comportam-se de maneira semelhante no rúmen dos animais, ou seja, apresentam a mesma cinética de degradação, o que indica que possuem igual potencial de utilização.

As forrageiras do gênero *Cynodon* representam uma parcela importante do feno produzido comercialmente, e são frequentemente utilizadas na experimentação zootécnica. Segundo Ataíde Júnior (1999), apresentam boa adaptação a climas diferentes, com elevado potencial de produção de forragem de boa qualidade, e são usadas tanto sob pastejo, como fenadas, por apresentarem morfologia adequada, com haste fina e folhas bem aderidas ao colmo. No entanto sua qualidade nutricional depende de fatores como clima e solo, e ainda do corte da forrageira em idade na qual sua maturação não tenha atingido estágios de elevada relação caule:folha, com alta lignificação. Após o corte, deve ocorrer rápida desidratação da forragem, visando a

paralisação da atividade metabólica das plantas e inibindo microrganismos, para preservação dos teores em proteína bruta (PB) e nutrientes digestíveis totais (NDT).

A senescência pode decorrer espontaneamente do envelhecimento da folha ou do perfilho, ou ser acelerada por fatores ambientais, como competição por luz, água e nutrientes. Oliveira et al. (2000 b) estudaram as alterações sofridas pelo Tifton-85 (*Cynodon sp*) entre os 14 e 70 dias de rebrota, e recomendaram um período de descanso de 28 a 35 dias para esta forrageira, pois a partir desta idade reduz-se o número de folhas vivas por perfilho, com ligeiro aumento no número de folhas vivas após os 56 dias de rebrota.

Com o aumento da idade da planta, ocorre o processo de alongamento do colmo, e a relação lâmina/colmo é reduzida, sendo que já aos 28 dias de idade ocorre o predomínio dos colmos na matéria seca produzida, e alguns autores relatam a ocorrência de intenso acamamento das plantas por volta dos 56 dias de rebrota, o que dificulta o trabalho das máquinas durante o processo de fenação (Ataíde Júnior, 1999; Oliveira et al., 2000 b).

De acordo com Oliveira et al. (2000 b) a melhor associação entre produção e valor nutritivo ocorreu em torno de 28 a 35 dias de rebrota. Os teores de fibra em detergente neutro (FDN) foram maiores no colmo que na lâmina, e aumentaram com a idade, com valores máximos aos 51 dias de rebrota. Com o avanço da idade, ocorre decréscimo nos teores de PB, fósforo, potássio, cálcio e magnésio, enquanto o teor de lignina aumenta. Também a digestibilidade *in vitro* da matéria seca diminui, com o valor mínimo aos 65 dias.

Ataíde Júnior (1999), ao trabalhar com fenos de capim Tifton-85 (*Cynodon sp*) de diversas idades (28, 35, 42 e 56 dias de crescimento), na dieta de ovinos e bovinos, observou consumo máximo aos 35 dias, e decréscimo da digestibilidade da

fibra em ovinos com o aumento da maturidade da forrageira, sendo verificada qualidade satisfatória do feno até os 42 dias de idade. Para bovinos, o aumento de fibra associado ao avanço da idade da forragem colhida reduziu o consumo de matéria seca, mas não influenciou a digestibilidade da fibra ou dos carboidratos.

Ribeiro et al. (2001), ao trabalharem com esta forrageira nas mesmas idades, para bovinos, relatam redução de digestibilidade apenas para a FDN e os carboidratos solúveis, com consumo máximo de nutrientes aos 42 dias.

Gonçalves et al. (2003) ao estudarem o consumo por bovinos e digestibilidade de feno de Tifton 85 dos 28 aos 84 dias, verificaram decréscimo do consumo e da digestibilidade, com o aumento da idade, o que os levou a recomendar o corte da forrageira antes dos 63 dias de crescimento.

As diferenças no desempenho de herbívoros de diferentes espécies ao utilizar uma mesma forrageira são decorrentes das diferentes adaptações pelas quais cada espécie passou, para se tornar apta a utilizar os alimentos disponíveis no ambiente em que evoluiu. Como os vegetais são a base da cadeia alimentar e desenvolveram adaptações para se proteger da ingestão pelos herbívoros, os seres que se nutrem dos vegetais também desenvolveram estratégias para contornar estas defesas, como a produção de saliva capaz de anular os efeitos do tanino ou o aumento do tamanho do fígado para metabolizar toxinas. A presença dos metabólitos secundários nos vegetais pode ter sido o desafio inicial a desencadear a adaptação evolutiva dos ruminantes primitivos, uma vez que uma das formas de o ruminante conviver com estes compostos é a secreção de saliva com proteínas ricas em prolina, durante a ruminação, estimulada pela remastigação (Van Soest, 1994). O desenvolvimento pelos ruminantes de adaptações para a fermentação pré-gástrica (permitindo eliminar toxinas presentes nos vegetais e recuperar energia de alimentos fibrosos) tornou-os

capazes de estabelecer simbiose com organismos decompositores anaeróbicos estabelecidos no rúmen (Van Soest, 1994).

Mamíferos não possuem enzimas para degradar carboidratos estruturais dos vegetais, mas aproximadamente metade do carbono fixado pelos vegetais durante a fotossíntese encontra-se na parede celular, sob a forma de celulose e outros polímeros, e que representa um vasto recurso alimentar para as espécies que possam utilizá-lo direta ou indiretamente (NRC, 2007). A habilidade dos animais em utilizar carboidratos estruturais depende da presença de organismos decompositores em seu trato gastrintestinal, sendo sua principal função a fermentação anaeróbica dos componentes fibrosos convertendo-os em produtos proveitosos para os ruminantes.

O desenvolvimento adequado dos microrganismos no rúmen depende da manutenção de condições relativamente estáveis, representadas por um ambiente anaeróbico (para que os metabólitos liberados pela fermentação sejam ricos em energia, como os ácidos graxos), com temperatura em torno de 38°C a 42°C, com pH compreendido entre os valores de 5,5 a 7,0. A manutenção de condições adequadas exige ainda a ação tamponante de grandes volumes de saliva alcalina (pH próximo a 8,0), cuja secreção é estimulada pela ruminação. Também é necessária a retenção do substrato pelo tempo necessário à sua degradação, para que a energia representada por este seja acessível para as bactérias ou para o hospedeiro com contínua absorção ou remoção dos produtos da fermentação, que se dá pela eructação, absorção pelo epitélio ruminal ou pela passagem de digesta para o omaso. O hospedeiro deve ser capaz de usar a energia retida nestes produtos da fermentação e nos organismos microbianos. Os principais produtos microbianos não disponíveis para o hospedeiro são a parede celular microbiana e o metano (Van Soest, 1994).

Os mamíferos herbívoros passaram por diferentes estratégias evolutivas que os adaptaram aos recursos do seu meio, o que levou Hoffmann (1989) a classificar as diversas espécies como pastadores, consumidores intermediários ou selecionadores de concentrados, ou seja, buscam na planta, por uma questão de seleção natural, as partes em que há maior concentração de nutrientes, em detrimento de outras partes mais fibrosas. Por esta classificação, caprinos são considerados como consumidores intermediários e ovinos e bovinos, pastadores.

Esta classificação da estratégia de alimentação de um animal se baseia em adaptações morfológicas como características da boca, tamanho gastrintestinal, tolerância à passagem de partículas grandes, capacidade digestiva e superfície absorptiva, que determinam sua taxa de passagem e eficiência de digestão de fibra, ditando suas necessidades e preferências alimentares. A dieta é determinada pelo comportamento alimentar e por fatores inerentes à forragem, como sua composição nutricional, disponibilidade, densidade e morfologia, e por sua vez, determina as características da fermentação ruminal (Van Soest, 1994).

Em geral, a ingestão de matéria seca eleva-se com o aumento do peso vivo do animal, e com frequência a ingestão de MS é expressa como porcentagem do peso vivo (% PV, ou PV^{-1}). Porém a produção de calor pelos animais está relacionada com o tamanho físico, pois o calor irradiado por todos os animais de sangue quente é diretamente proporcional à sua superfície corporal, o que levou à busca de formas de expressar o metabolismo de manutenção pela produção de calor, como calorias por metro quadrado por hora. A produção de calor por unidade de massa corporal é maior no animal menor, e os pequenos ruminantes possuem taxas metabólicas mais elevadas quando se considera a unidade de massa corporal, refletindo sua área

superficial relativamente maior e massa orgânica mais ativa, justificando a realização de medições nesse sentido (Maynard et al., 1984; Van Soest, 1994).

No entanto a superfície do corpo não é constante, variando com a posição deste, e mesmo a medida da superfície da pele, após a esfolação de um animal, está sujeita a variações devidas à sua elasticidade. Devido às dificuldades ligadas à medição da área superficial, tem-se buscado fórmulas para expressar a produção de calor através da unidade de tamanho metabólico, considerando-se que a superfície seja proporcional a alguma potência fracional da massa corporal, e frequentemente esta é expressa como $PV^{0,75}$, média aceita para as diversas espécies (Maynard et al., 1984; Pereira et al., 2003). Porém, dentro de uma mesma espécie, o nível de ingestão é afetado por diversas variações das condições relacionadas ao animal (tamanho, condição corporal, capacidade de distensão ruminal, raça e o estado fisiológico), ao alimento e ao ambiente, o que faz com que a base do peso corporal (PV^{-1} ou $PV^{-0,75}$) possa não ser apropriada para expressar a ingestão nas diversas condições, mesmo para uma só espécie.

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 a 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 digeri-los eficientemente, para compensar a menor capacidade de ingestão (Van Soest, 1994).

O aumento da retenção seletiva de digesta ruminal reduz as perdas fecais. Porém esta vantagem obtida com o aumento do tempo de retenção do volumoso pode ser perdida quando os animais são alimentados com forragens de baixo valor nutritivo, com potencial de fermentação muito baixo, pois acarreta redução no consumo de matéria seca, já que o desenvolvimento normal de microrganismos celulolíticos depende de um suprimento adequado de celulose fermentável (Van Soest, 1994).

Entre os ruminantes, os seletores de concentrado e os consumidores intermediários são capazes de digerir fibra melhor do que não ruminantes de igual porte, porém são considerados menos eficientes que os pastadores para digerir volumosos com altos teores de fibra, pelo curto tempo de retenção da digesta para fermentação pré-gástrica, pois tendem a ter um rúmen e omaso relativamente menores em relação ao tamanho do corpo. Como compensação, precisam ingerir as partes de plantas com menos fibras, o que lhes permite aumentar a taxa de digestão e passagem, com mais rápida remoção de material indigestível do rúmen, contrabalançando sua baixa taxa de extração de nutrientes por uma maior ingestão de alimento. Também apresentam abomaso e intestinos grandes em relação ao rúmen., especializando-se na digestão de conteúdo celular e componentes facilmente digestíveis da parede celular. Nas condições específicas para as quais estão adaptados, os selecionadores exibem maior digestibilidade do que espécies menos seletivas (Van Soest, 1994).

Os ruminantes domésticos apresentam especificidades em seus processos digestivos e interações complexas que tornam necessário estabelecer de forma detalhada as necessidades e recomendações nutricionais para cada espécie (e para as categorias dentro de cada espécie), para se obter maior eficiência na elaboração de

suas dietas. Embora o conhecimento obtido sobre uma espécie possa subsidiar os trabalhos com outros animais, deve-se evitar generalizações. Segundo Campos et al. (2006) de maneira geral, os ovinos não devem ser considerados modelos experimentais em estudos de degradação da MS e da FDN para os bovinos, pois bovinos têm a capacidade muito maior de consumir alimentos do que ovinos, fator este determinante na digestibilidade.

Consumidores intermediários, como os caprinos, são mais versáteis do que os selecionadores de concentrado ou os pastadores, pois mudam seu comportamento alimentar conforme a forragem disponível. Usualmente consomem partes imaturas das gramíneas, mas conforme a maturidade destas avança, passam a consumir inflorescências, brotos e folhas jovens de outras espécies disponíveis, compondo dietas mais ricas em energia e proteína do que aquelas colhidas por pastadores no mesmo ambiente (Van Soest, 1994; NRC, 2007).

Caprinos são menos eficientes do que ovinos ou bovinos na digestão de fibra, apesar de sua reputação de digerir quase tudo. A digestão de caprinos permite a passagem de partículas maiores do que dos ovinos, o que é uma evidência de adaptação ao pastejo seletivo, com taxa de passagem aumentada, pois os animais seletores em geral possuem orifício retículo-omasal maiores do que dos animais pastadores (Van Soest, 1994).

Por outro lado, os pastadores como os bovinos podem se adaptar ao consumo de dietas ricas em fibra, mas o tamanho e desenho de sua boca lhes dificulta o pastejo seletivo. Bovinos de regiões temperadas são não seletivos, preferem consumir plantas que por seu turno não apresentem diferenciação marcante entre tecidos, e podem reter a digesta por mais tempo. Graças a uma fermentação mais eficiente, um alto teor de fibra é menos limitante, desde que o material seja rico em celulose

disponível. Quanto aos zebuínos, que evoluíram sob um clima que acelera a maturação das forragens, tornaram-se mais capazes de selecionar partes mais digestíveis da pastagem (Van Soest, 1994). Zebuínos apresentam menor consumo de matéria seca que taurinos quando alimentados com forragens de alta qualidade, mas com forragens de baixa qualidade, em geral, podem apresentar maior consumo de matéria seca (Marques, 2008).

O teor de fibra na dieta afeta vários aspectos da ingestão e digestão dos alimentos. Pereira et al. (2007) relataram que novilhas alimentadas com níveis na dieta de 60% de FDN, comparadas àquelas recebendo níveis de 30%, dedicam mais tempo à alimentação e ruminação, apresentam maior taxa de ruminação por kg de FDN, menor taxa de passagem de partículas no rúmen-retículo, maior número de *bolus*, mais tempo de mastigação por *bolus*, maior número de mastigações por dia, e maior retenção no ceco-cólon.

Ovinos apresentam maior coeficiente de digestão do que bovinos para dietas de alta digestibilidade, ao se considerar uma dieta com 66% de digestibilidade como referência, mas são menos eficientes com dietas menos digestíveis, por sua menor habilidade em digerir fibra (Van Soest, 1994; Marques, 2008).

Em relação à nutrição de animais ruminantes, define-se fibra como sendo a fração dos alimentos que se caracteriza por apresentar uma taxa de degradação lenta ou nula, quando exposta ao ambiente ruminal, e ao mesmo tempo reduzir a capacidade de consumo de matéria seca destes animais, devido à acumulação de um grande volume de digesta no rúmen e conseqüente repleção, o que afeta o consumo animal.

A fibra presente na dieta desempenha um papel complexo: se por um lado estimula a motilidade e funcionamento normal do rúmen, além de representar uma

significativa contribuição para o suprimento de nutrientes exigidos pelos ruminantes, por outro lado pode interromper a ingestão de alimentos e impedir o animal de obter nutrientes suficientes para atender à sua demanda.

A celulose é o maior polímero da parede celular dos vegetais terrestres, sendo o carboidrato mais abundante do mundo, consistindo de resíduos de D-glicopiranoses unidos por ligações β -1,4 formando longas cadeias lineares, que podem se unir através de pontes de hidrogênio formando as microfibrilas de celulose. Estas estruturas estão intimamente associadas a quantidades variáveis de hemicelulose, além de incrustações de lignina, cutina e depósitos de minerais. Em consequência, a parede celular dos vegetais apresenta digestibilidade muito variável e decrescente no rúmen, conforme o grau de lignificação alcançado (Van Soest, 1994; NRC, 2007).

Diferente da celulose e da hemicelulose, a lignina não é um carboidrato, mas um polímero fenilpropanóide de alto peso molecular, presente na parede celular e responsável pelo aumento da resistência dos tecidos vegetais, e pela redução da degradabilidade da parede celular (NRC, 2007). O seu efeito sobre a digestibilidade da forrageira é desproporcionalmente maior do que o seu conteúdo, pois a lignina se liga aos polímeros da parede celular, e reduz a exposição da celulose à colonização pelos microrganismos ruminais, e a sua posterior digestão pelas enzimas destes (NRC, 2007). Segundo Van Soest (1994) 70 dias de fermentação permanece um resíduo indigestível de 2,4 vezes o teor de lignina. Isso faz da taxa de passagem da lignina uma boa estimativa da taxa de passagem da fibra indigestível.

Gramíneas tropicais apresentam maior concentração de lignina em suas folhas do que gramíneas de clima temperado, com diferenciação na disponibilidade de nutrientes entre seus diferentes tecidos, impondo aos animais que as pastejam a necessidade de seleção. Os herbívoros adaptados também podem aumentar o

consumo para superar a baixa digestibilidade reduzindo o tempo de retenção e digerindo apenas o conteúdo celular; outras espécies se especializaram em prolongar o tempo de retenção para elevar a degradação da celulose (Van Soest, 1994).

A movimentação normal do rúmen é dependente da presença de níveis adequados de fibra no alimento consumido. Os movimentos de contração do rúmen e ruminação auxiliam nos processos de redução de tamanho da partícula e mistura do alimento ingerido em diversos momentos, bem como na remoção de produtos da fermentação.

A quantidade de fibra requerida para o funcionamento normal do rúmen varia conforme a espécie animal, o manejo alimentar, a proporção entre alimentos concentrados e volumosos consumidos, características do concentrado, e especialmente de características inerentes ao volumoso utilizado, entre as quais podemos relacionar a espécie, a maturidade da planta, o processamento e o tamanho de partículas. O tamanho da partícula, ao qual se relaciona a área de superfície específica, permite maior ou menor acesso para os microrganismos que devem colonizar o alimento (Campos et al., 2006).

Os ácidos graxos voláteis são produtos finais da fermentação microbiana no rúmen, sendo absorvidos pela mucosa do trato gastrointestinal, e utilizados como fontes de energia ou para síntese de glicose ou lipídeos. Tipicamente, a digestão ruminal de uma dieta rica em concentrados produz uma proporção maior de ácido propiônico, enquanto uma dieta mais rica em forragens gera mais ácidos acético, butírico e isobutírico.

A constatação de que diferentes substratos no ambiente ruminal geram diferentes produtos da fermentação, atendendo a diferentes necessidades do hospedeiro, tem motivado estudos para melhor conhecer o papel da fibra na nutrição

de ruminantes. Atenção especial tem sido dada aos animais destinados à produção de leite, para os quais se tem procurado determinar o nível mínimo de fibra a ser utilizado nas dietas, para se preservar os níveis de gordura no leite. Também se sabe que não apenas o teor de fibra, mas também sua forma física, são importantes para preservar a função ruminal e a saúde do animal, sem afetar a produção em consequência de redução da capacidade de ingestão.

O nível de consumo de alimentos pelos ruminantes se dá pela interação de dois mecanismos reguladores, pois a demanda energética do animal define o consumo de dietas com baixo teor de fibra e alta densidade energética, enquanto a capacidade física do trato gastrointestinal determina a ingestão de dietas à base de volumosos, ricos em fibra e com baixa densidade de energia (Van Soest, 1994).

O aproveitamento ótimo do alimento pelo ruminante é influenciado pela composição química da ração, mas também por suas características físicas, já que este controle físico é afetado por diversos fatores, como o tamanho de partícula, frequência e efetividade de mastigação, fragilidade da partícula, indigestibilidade da fibra e características de contração do retículo (Lu et al., 2005).

A conceituação de fibra da dieta se diferencia dos demais constituintes de um alimento, pois apesar de ser medida por técnicas químicas, ela apenas é conceituada em termos nutricionais. Isso porque a digestibilidade dos carboidratos fibrosos é desuniforme, e o conhecimento da composição de seus polímeros gera pouca informação sobre a disponibilidade para o animal (NRC, 2007).

Atualmente o método mais utilizado para estudar a fibra em dietas para ruminantes é o sistema detergente proposto por Van Soest, que separa o alimento em duas frações. Uma destas frações é solúvel em detergente, e se considera completamente disponível para o ruminante, e inclui os componentes do conteúdo

celular (carboidratos não estruturais, proteínas, nitrogênio não protéico, lipídeos, ácidos orgânicos, vitaminas e minerais), que apresentam alta digestibilidade *in vitro*. A fração insolúvel em detergente, denominada Fibra em Detergente Neutro (FDN), é recuperada quantitativamente, e inclui compostos parcialmente disponíveis (celulose e hemicelulose) e não disponíveis (lignina, cutina, sílica) (NRC, 2007). Embora a digestibilidade da FDN varie com a concentração de lignina e outros fatores, o sistema detergente tem sido o mais conveniente para se estimar o consumo animal e ao mesmo tempo o valor de energia disponível dos alimentos.

As análises de fibra são usadas para avaliar a qualidade de um alimento para ruminantes, estabelecer limites máximos de ingredientes nas rações e para informações sobre as especificações dos alimentos, bem como para refinar as recomendações de rações e estimar as quantidades mínimas de volumoso para vacas em lactação (Mertens, 1992).

Porém a FDN mede características químicas e não características físicas da fibra, tais como tamanho de partículas e densidade, que podem influenciar a atividade mastigatória, a digestibilidade, a taxa de digestão, a taxa de passagem, a saúde animal e a produção de gordura no leite. O tamanho das partículas dos alimentos é considerado atualmente como o principal responsável pelas variações nas propriedades físicas da entidade fibrosa. Desta maneira, Mertens (1997) sugeriu uma metodologia para se corrigir o valor encontrado em laboratório, determinando-se a efetividade física da Fibra, com base no estímulo à mastigação proporcionado pelo tamanho das partículas. O valor de FDN_{fe} será então obtido ao se multiplicar a efetividade física pelo valor de FDN encontrado em laboratório.

A incorporação dos conceitos de efetividade física da fibra já contribuiu para a definição de alguns parâmetros para a nutrição e manejo dos ruminantes. Para vacas

leiteiras, tem sido definidas recomendações de teores de fibra (NRC, 2007). Tem sido estudadas interações em função de fatores como o tipo de forragem e tamanho de partículas, utilização de fontes de fibra não forrageira, ou o manejo alimentar (uso de tampões, frequência de refeições, adoção de dieta oferecida como mistura total), criando-se inclusive procedimentos práticos para determinar a efetividade da fibra a campo (Heinrichs et al., 1999; Heinrichs & Kononoff, 2002).

Os estudos da dinâmica digestiva em ruminantes têm permitido identificar fatores que afetam o consumo voluntário de forragens, tais como o grau de maturidade das plantas, relação folha-caule ou a forma de processamento. Esse conhecimento é considerado fundamental na formulação de programas eficientes de alimentação e para o desenvolvimento ou seleção de plantas forrageiras de maior qualidade nutritiva (Carvalho et al, 2006a). Os caprinos, tal como os demais ruminantes, precisam de uma quantidade mínima de fibra para o funcionamento normal do rúmen, o que inclui o estímulo à ruminação e a uma secreção salivar adequada. Os aspectos já estudados em bovinos apresentam certa similaridade, mas exigem ajustes das recomendações já definidas para bovinos, pois existem peculiaridades entre as diversas espécies, em relação ao aproveitamento de cada alimento.

O teor de FDN em uma dieta está diretamente relacionado com o efeito de enchimento, e inversamente relacionada com o nível de energia digestível, podendo ser usado para caracterizar esta dieta e expressar os dois mecanismos de controle de consumo numa mesma escala. Quando as dietas apresentam um teor elevado de fibra, a relação entre consumo e teor de FDN será negativa; quando o teor de fibra for baixo, dentro do mesmo nível de produção, a relação será positiva (Mertens, 1992).

Segundo Mertens (1992) para animais adultos, mais frequentemente usados nos experimentos de digestibilidade e consumo, o consumo está limitado pela demanda de energia destes animais, e não pelo efeito de enchimento do alimento, se a FDN está abaixo de 50 a 60%. Esta condição depende não apenas do teor de fibra do volumoso, mas também da proporção entre volumoso:concentrado. Porém estes valores podem variar de acordo com diversos fatores. Hubner et al. (2007, 2008) trabalharam com ovelhas recém-paridas com três níveis de FDN na dieta (34, 43 e 52%) e verificaram influência do nível de FDN sobre o consumo, cujo máximo foi estimado para o nível de 42,7% de FDN na dieta, além do qual ocorreu limitação do consumo e da produção de leite. A produção máxima foi estimada para o nível de 39,8% de FDN na dieta. Neste estudo, o teor de gordura não foi influenciado pelos níveis de fibra, inferindo-se que as dietas com menores níveis de FDN não ocasionaram falta de efetividade.

Para maximizar o consumo, a proporção volumoso:concentrado deve decrescer quando houver elevação do teor de FDN do volumoso, ou incremento do nível de produção animal (Mertens, 1992).

A ração com o mínimo de volumoso é também aquela com densidade energética máxima recomendada. Para se estimar o consumo mínimo que atende à meta de produção de um animal, o consumo mínimo de fibra da ração (com a mais elevada densidade energética recomendada) tem que ser determinado, considerando o seu teor de FDN, e ainda tamanho de partículas e habilidade na manutenção da produção de gordura do leite (Mertens, 1992).

Dietas com altos níveis de FDN podem significar redução nos custos com alimentação, mas restringem o consumo alimentar, pela necessidade de maior tempo de permanência do alimento no rúmen, e os animais de alta produção apresentam

maior exigência em nutrientes, tornando-se necessária a inclusão de alimentos concentrados para suprir suas exigências nutricionais, particularmente de energia, uma vez que os volumosos apresentam baixa concentração em nutrientes por unidade de massa. Assim, normalmente se reduz a proporção de volumosos e fibra na dieta, o que acarreta alguns problemas por diminuir o tempo gasto com mastigação (ingestão e ruminação) e, conseqüentemente, redução do pH ruminal, uma vez que há menor fluxo de saliva para o rúmen, o que reduz o fluxo de substâncias tamponantes para o rúmen (Gonçalves et al., 2001 b).

Pequenas partículas alimentares são digeridas mais rapidamente do que as maiores, porque apresentam maior área de superfície exposta, onde as espécies celulolíticas aderem, evitando ser removidas pelo fluxo de digesta. No entanto, a taxa de fermentação é uma propriedade inerente ao alimento, sendo os aumentos obtidos no desempenho animal consequência de aumentos na ingestão de energia digestível (Bezerra et al., 2004).

Alimentos finamente moídos reduzem a atividade de mastigação, normalmente associada a alimentos com elevado teor de fibra, e se tornam menos efetivos na manutenção do pH ruminal. Também ocorre redução do efeito de repleção ruminal, que seria esperado por seu teor de FDN, e um ajuste do valor para FDN torna-se necessário para refletir seu efeito de enchimento real (Mertens, 1992).

Partículas maiores que 1,19 mm podem escapar do rúmen, apesar de enfrentarem alta resistência, e partículas menores que este tamanho enfrentam diferentes graus de resistência ao escape (Pereira et al., 2002).

Bezerra et al. (2002), trabalhando com vacas leiteiras consumindo concentrado (49,6%) e feno de capim-Tifton (50,4%), triturado em moinho com peneiras de malhas de 3,2; 4,8; 7,9; 15,9 e 25,4 mm, verificaram que vacas

alimentadas com dietas de perfis granulométricos intermediários produziram mais leite, e as alimentadas com dietas contendo partículas mais grosseiras não alcançaram igual produção. A produção total de gordura do leite não foi afetada pelo perfil de distribuição das partículas dietéticas, porém vacas leiteiras alimentadas com dietas de maior granulometria produziram leite com maior teor de gordura.

Campos et al. (2006), estudando a cinética de degradação ruminal por ovinos e bovinos, de diversas forrageiras, com diferentes tamanhos de partícula (1 e 2 mm), verificaram pouca influência dos tamanhos de partículas sobre os parâmetros de degradação ruminal, dentro deste leque de variação.

Gonçalves et al. (2001a,b) estudaram a variação do pH ruminal em cabras, alimentando-as com a relação volumoso:concentrado de 100:0, 80:20, 60:40, 40:60 e 20:80. Constatou decréscimo do pH com o nível crescente de concentrado, sendo que o pH atingiu seu ponto mínimo entre 2 e 4 horas após cada alimentação. A variação do pH foi mais drástica com níveis de concentrado acima de 60%. O tempo de alimentação foi maior para as dietas contendo valores acima de 60% de volumoso (Gonçalves et al., 2001a). A degradação do volumoso foi maior na faixa de pH de 6,8 a 6,2, sendo que o decréscimo do pH de 6,8 para 6,2 afeta a digestão moderadamente, e quando é modificado de 6,2 para 5,8 reduz de forma mais intensa. Os alimentos com maior teor de FDN na MS sofrem mais intensamente a ação do decréscimo do pH (Gonçalves et al., 2001b).

O aumento da quantidade de fibra na ração de cabras em lactação aumenta o tempo gasto com alimentação, ruminação e mastigação, e reduz o tempo de ócio, podendo reduzir a ingestão de matéria seca, embora o consumo seja também dependente do controle fisiológico relacionado à densidade de nutrientes na dieta (Lu et al., 2005).

Carvalho (2002), trabalhando com cabras em lactação recebendo diversos níveis de FDN oriunda de forragem (FDNf), variando de 20 a 48%, usou feno de Tifton-85 (*Cynodon sp*), de boa qualidade, e encontrou maior ingestão de matéria seca com o nível de 27% de FDNf. O autor sugere que não tenha sido atingido o ponto de limitação física ao consumo, dentro dos níveis avaliados, pois nos níveis superiores de fibra, as cabras elevaram o consumo de FDNf, que variou de 1,09 a 1,94% do PV, mas com menor digestibilidade, buscando se adaptar à dieta para suprir seus requerimentos nutricionais. Houve redução do consumo de matéria seca (MS) e de nutrientes digestivos totais (NDT) com o aumento da ingestão de fibra, causando menor produção de leite e de sólidos totais (g/dia). Também verificou aumento do tempo gasto com alimentação, ruminação e mastigação.

Branco (2005), trabalhando com cabras lactantes e não lactantes, com níveis crescentes de FDNf (19 a 48%), usando feno de Tifton-85 (*Cynodon sp*) de mediana qualidade, encontrou o mesmo comportamento ingestivo dos animais, e o mesmo consumo de FDN, que se manteve próximo a 1,2 % do PV, sem alterar os coeficientes de digestibilidade, mas houve redução do consumo de matéria seca e a produção de leite foi decrescente. A melhor eficiência líquida de utilização da energia metabolizável consumida para produção de leite foi atingida com a dieta contendo 35% de FDNf.

Porém ao trabalhar com feno de maturidade avançada, em dietas com 20 a 49% de FDNf, obteve para essas condições um nível ótimo de ingestão de 28% de FDNf. O comportamento ingestivo dos animais foi afetado, diminuindo o tempo em ócio dos animais. Nos níveis de fibra mais altos, o consumo de FDNf foi crescente, sem influenciar a digestibilidade desta, indicando uma capacidade de adaptação dos animais, porém o consumo foi reduzido para matéria seca e nutrientes, bem como os

coeficientes de digestibilidade da MS, MO, PB e CNF, afetando a produção de leite (Branco, 2005).

Resultados de trabalhos já conduzidos com caprinos sustentam que o tamanho de partículas dos alimentos afeta o estímulo à ruminação, a atividade de mastigação e salivação, a área de superfície disponível para a colonização pelos microrganismos ruminais, a regulação da taxa de passagem, a produção de leite e a produção ruminal de precursores de gordura do leite. Tamanho de partícula da forragem parece ser um indicador importante da qualidade de forragem, justificando uma aproximação quantitativa para estabelecer um comprimento de partícula da forragem em um sistema de produção de cabras leiteiras (Lu, 1987).

Em um experimento com cabras alimentadas com feno de Capim Bermuda (*Cynodon sp*) de baixa qualidade, com uma relação entre volumoso e concentrado de 30:70, em que a forragem apresentava tamanho médio de partícula de 2.38 cm ou 3.87 cm, verificou-se que os animais consumindo o feno em partículas menores tiveram ligeiro aumento do consumo, atribuído ao aumento da taxa de passagem. As partículas de maior tamanho induziram um aumento do tempo de mastigação total de 20%, e um aumento de 10% da produção de gordura no leite (Lu, 1987).

3. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no período de abril a junho de 2008, no Setor de Caprinocultura do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa, no município de Viçosa – MG, região da Zona da Mata, cujas coordenadas geográficas são: Latitude: 20° 45' 14" S; Longitude: 42° 52' 53" W e altitude de 648 metros.

Analisou-se o efeito de combinações representadas por três níveis de qualidade (alta, média e baixa) de feno de coast-cross (*Cynodon dactylon*) obtidos com o corte em três idades de rebrota diferentes, respectivamente aos 35, 50 e 65 dias. A forragem foi desintegrada para fornecer três tamanhos de partícula (pequeno, médio e grande), utilizando-se um delineamento experimental em esquema inteiramente casualizado, em arranjo fatorial 3x3, com seis repetições sobre variações na taxa de consumo de alimento bem como na massa fibrosa no rúmen de caprinos.

No intuito de testar a ocorrência de possíveis variações da massa de digesta ruminal nas condições do estudo, e avaliar se o rúmen dos animais podia ser considerado em estado de equilíbrio dinâmico, adicionou-se ao delineamento anterior o efeito do tempo de abate em três momentos equidistantes do dia, e mediu-se a quantidade e composição da digesta nos diferentes momentos.

Para o desenvolvimento do trabalho utilizou-se 54 cabritos machos, não castrados, das raças Saanen e Alpina, com idade média de 191 ± 4 dias, e peso inicial de $24,68 \pm 3,17$ kg.

O experimento constou de quatro etapas: produção e preparo da forragem; período pré-experimental; período experimental e análises laboratoriais, descritos a seguir.

3.1. Produção e preparo da forragem

A produção da forragem foi feita no Setor de Caprinocultura, em área de aproximadamente 1,8 hectares plantada com capim coast-cross (*Cynodon dactylon*) durante o mês de novembro de 2007, com um corte de uniformização ao final do mês de fevereiro de 2008.

Esta forragem foi ceifada de forma parcelada, para fenação, após decorridos os intervalos de 35 dias, 50 dias e 65 dias, para obter fenos com diferentes níveis de qualidade nutricional associados à maturidade e lignificação, aqui denominados fenos de qualidade alta, média e baixa, respectivamente.

Devido a pouca insolação nos períodos em que se fizeram os cortes, o material colhido foi inicialmente seco ao sol em terreiro cimentado, e em seguida em

secador de leito fixo para grãos, pelo tempo necessário, monitorando-se a temperatura para que permanecesse abaixo de 45°C.

Após cada corte realizado, a forragem produzida foi triturada em equipamentos distintos, que possibilitassem obter tamanhos de partículas com considerável diferença visual, e, portanto, diferentes perfis granulométricos, aqui denominados como feno de tamanhos de partículas pequeno, médio e grande. Para obter a forragem denominada como sendo de tamanho grande, o feno foi picado por duas vezes em uma ensiladeira de corte pelo sistema de facas e contra-facas (EM 6600^{®1}), para que não apresentasse tamanho excessivamente grande que pudesse aumentar o problema da estratificação de partículas e nem facilitar aos animais jogá-lo para fora dos cochos. A forragem de partículas de tamanho pequeno foi obtida triturando o feno uma vez por esta mesma ensiladeira, e em seguida por um moinho de martelos (DPM-4^{®1}), com peneira de 1 cm. A forragem de tamanho médio foi obtida pela passagem por um desintegrador de feno (MF 4970^{®2}), sem o uso de peneiras, uma vez que estas não propiciavam a formação de partículas de tamanhos diferenciados. Com a análise da granulometria (Tabela 5), verificou-se que em média estes diferentes tamanhos apresentaram partículas maiores que 4,76 mm em percentuais de 16%, 48% e 75%, para os tamanhos pequeno, médio e grande, respectivamente. Para as partículas maiores que 1,19 mm, consideradas fisicamente efetivas, os valores médios foram de 66%, 75% e 94% para os tamanhos pequeno, médio e grande, respectivamente.

Para melhor representar a forma física do material sendo fornecido, buscou-se determinar o perfil granulométrico dos alimentos, sobras e conteúdo ruminal, usando-se peneiras com abertura de 4,76 mm; 2,38 mm; 1,19 mm; 0,70 mm e 0,297

¹Nogueira

²Massey Ferguson

mm, de acordo com recomendações da ABNT, e descrito mais detalhadamente no item 3.4.1.

O presente experimento pressupôs que a concentração em nutrientes do material retido entre as peneiras manteve-se inalterada, ou seja, a partição física não seria suficiente para alterar a distribuição das entidades nutricionais no material estudado. Desta maneira, análises de fibra e outros componentes foram feitas a partir das amostras obtidas com o material antes de se proceder ao estudo do perfil granulométrico.

3.2. Período pré-experimental

O período pré-experimental iniciou-se com o nascimento dos cabritos no período de setembro a outubro de 2007. Os cabritos receberam assistência ao nascimento, e foram criados segundo os procedimentos usuais para a prevenção de infecções tais como artrite encefalite caprina e micoplasmose (Matthews, 1999). O aleitamento artificial com leite de vaca ocorreu até a idade de 60 dias. A partir da segunda semana, a alimentação incluiu feno comercial de *Cynodon sp* e concentrado à base de milho e farelo de soja (Tabela 1) formulada para cabritos em crescimento, tendo acesso permanente à água. O critério para definição da quantidade de feno oferecida neste período era que houvesse um acréscimo de 20% de feno além do consumido na semana anterior, permitindo assim uma seleção do material ingerido. A mistura concentrada era oferecida diariamente na proporção de 1,5% do peso corporal.

Tabela 1 – Composição nutricional da forragem de *Cynodon sp* e do concentrado

	MS	MM	PB	EE	FDN	Lignina	Ca	P
	%				% MS			
Feno	84,13	5,53	11,58	0,67	81,11	7,04	0,339	0,223
Concentrado	86,73	4,21	19,52	4,13	15,81	0,80	0,37	0,32

MS = matéria seca; MM =matéria mineral; PB = proteína bruta; EE = extrato etéreo; FDN = fibra em detergente neutro; Lignina = lignina em detergente ácido; Ca = cálcio; P = fósforo.

3.3. Período experimental

Ao completar seis meses, os animais foram considerados aptos ao início dos tratamentos experimentais. O início destes tratamentos foi determinado em função das datas de corte do capim coast-cross para fenação, ocorrendo em datas diferentes. A cada idade de corte do capim, formaram-se grupos de 18 animais com idades semelhantes, sorteados para definir sua distribuição quanto ao tamanho de partícula da forragem a ser consumida (pequeno, médio ou grande).

Durante o período experimental, os animais foram alojados em baias individuais de 1,0 X 1,5 metros, de piso ripado, com acesso constante a água, e receberam duas refeições por dia (8 horas e 16 horas). A alimentação constou de feno em quantidades estabelecidas e concentrado, que foi oferecido em quantidade equivalente a 30% do peso do feno, na base da matéria natural (Tabela 2).

Tabela 2 – Composição nutricional dos fenos de coast-cross com diferentes níveis de qualidade e do concentrado

Qualidade do feno	MS	MM	PB	EE	FDN	Lignina	Ca	P
	%				% MS			
alta	81,20	9,98	13,41	2,46	69,36	4,07	0,29	0,24
média	79,02	11,62	11,61	2,06	71,60	5,00	0,34	0,26
baixa	80,93	10,10	11,58	1,96	68,09	5,92	0,34	0,27
concentrado	86,73	4,21	19,52	4,13	15,79	0,80	0,37	0,32

MS = matéria seca; MM =matéria mineral; PB = proteína bruta; EE = extrato etéreo; FDN = fibra em detergente neutro corrigida para cinzas; Lignina = lignina por hidrólise ácida; Ca = cálcio; P = fósforo.

Na primeira semana do experimento definiu-se a quantidade de feno a ser oferecida pelo consumo verificado na semana anterior, permitindo aos animais rejeitar 20% do feno oferecido. A quantidade de feno foi ajustada duas vezes por semana, mantendo a porcentagem de sobras de feno. As duas semanas iniciais foram consideradas como período de adaptação, durante as quais o consumo deveria alcançar um estado de equilíbrio dinâmico. Diariamente fazia-se a pesagem das sobras de cada animal, e duas vezes por semana reajustava-se a quantidade de alimentos oferecidos, com o objetivo de permitir que o consumo de feno fosse *ad libitum*, mas mantendo a proporção entre feno e concentrado.

Nesta proporção em que o concentrado foi oferecido, o consumo pelos animais era imediato, sem que os animais deixassem sobras de concentrado. Segundo Cannas et al. (2003), analisando outros estudos desta natureza, em que as forrageiras constituíram no mínimo 25% da matéria seca consumida, com esta proporção entre volumosos e concentrados se pode estabelecer uma real ação da fibra sobre o consumo e repleção ruminal.

A coleta das amostras de alimentos foi feita no início do período experimental envolvendo os animais de cada tratamento. A amostragem das sobras foi feita por coleta total das sobras da última semana para cada animal, com posterior homogeneização. As amostras permaneceram congeladas a temperatura de -18°C, para posteriores análises.

Ao 21^o dia do período experimental procedeu-se ao abate dos animais, tendo sido verificado um peso médio ao abate de $25,49 \pm 4,32$ kg.

Para obter uma representação da variação do total de massa ruminal ao longo do dia, os abates ocorreram em três horários distintos, a intervalos de 8 horas (duas

horas após a refeição da manhã; duas horas após a refeição da tarde; dez horas após a refeição da tarde, correspondendo a 18 horas após a refeição matinal). Maiores informações sobre os animais e horários de abate estão disponíveis nas tabelas do apêndice deste trabalho.

Entre as seis repetições relativas a cada combinação (qualidade do feno e tamanho de partícula do feno), foram sorteados grupos de dois animais para serem abatidos em cada horário estabelecido. Devido à perda de um animal, uma das combinações (feno de alta qualidade, partículas de tamanho médio) foi avaliada com apenas 5 repetições.

Como em algumas datas o número de animais tornava impraticável o abate simultâneo, alguns animais tiveram os horários de refeição e outras atividades de manejo retardados em duas horas, durante a última semana, sendo também o horário de abate retardado em duas horas, para manter os intervalos entre refeições e abate inalterado.

Após o abate, o trato gastrintestinal de cada animal foi recolhido, ocluindo-se a porção proximal e distal dos seguintes compartimentos: esôfago, rúmen, retículo, omaso, abomaso, intestino delgado e intestino grosso. Procedeu-se a completa retirada do conteúdo para pesagem da digesta no rúmen-retículo e demais compartimentos do trato digestivo.

O conteúdo retículo-ruminal foi removido e homogeneizado, coletando-se então amostras de aproximadamente um litro de conteúdo. As amostras foram preservadas por congelamento, para análises posteriores.

3.4. Análises laboratoriais

A preparação das amostras de alimentos e de sobras, para as análises, iniciou-se pela pré-secagem em estufa ventilada à temperatura de 55° C por 72 horas. Em seguida, foram trituradas em moinho de facas, com peneira de aberturas de 1 mm.

As amostras de conteúdo rumino reticular foram descongeladas e divididas em duas alíquotas, sendo que a parte destinada à análise de fibra passou por pré-secagem e trituração. Para preparar a segunda alíquota destas amostras, destinada ao estudo de granulometria, optou-se por remover líquidos, solutos e pequenas partículas, que por seu tamanho fazem parte da massa de material elegível ao escape ruminal (Vieira et al, 2008), mas causam agregação das partículas durante a pré-secagem, dificultando a separação posterior destas partículas sem manipulação física, que reduz o tamanho das partículas (Smith & Waldo, 1969). Este material foi lavado sob água corrente, em peneira com malha de 0,297 mm, antes da pré-secagem em estufa ventilada à temperatura de 55° C, por 72 horas, e depois desagregado com o uso de pincel e manuseio delicado, para minimizar a ruptura das partículas.

Após a preparação das amostras, as análises foram realizadas no Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia, constando de análises de granulometria e bromatológicas.

3.4.1. Análises de granulometria

Realizou-se a determinação do perfil granulométrico das partículas dos alimentos oferecidos, das sobras e das amostras de conteúdo ruminal. O tamanho de partículas foi medido com o uso de peneiras padronizadas, optando-se pelas peneiras

com abertura de 4,76 mm; 2,38 mm; 1,19 mm; 0,70 mm e 0,297 mm, além de bandeja inferior com a finalidade de recolher as partículas menores do que 0,297 mm. A Tabela 3 apresenta as especificações dadas pelo fabricante.

Tabela 3 – Especificações das peneiras fornecidas pelo fabricante (padronizadas pela norma ISO – 3310/1)

Malha	Abertura (mm)	Tolerância	Diâmetro do fio	Tolerância
3/4"	19	18,42 a 19,58	3,15mm	2,7 a 3,6
4	4,75	4,60 a 4,90	1,6mm	1,3 a 1,9
8	2,36	2,28 a 2,44	1,0mm	0,85 a 1,15
16	1,18	1,14 a 1,22	0,63mm	0,54 a 0,72
18	1,0	0,97 a 1,03	0,56mm	0,48 a 0,64
25	0,7	0,685 a 0,735	0,45mm	0,38 a 0,52
50	0,300	0,288 a 0,312	0,20mm	0,17 a 0,23

Estas peneiras foram movimentadas por agitador mecânico modelo *Produtest*^{®3} em intensidade máxima, durante um minuto. O tempo de um minuto foi diferente do adotado por Fontes (2001), uma vez que com os materiais trabalhados, o aumento na duração do tempo levava à passagem das partículas por peneiras progressivamente menores, tornando o material retido em cada peneira visivelmente mais heterogêneo. As amostras foram parceladas em alíquotas de peso variável, que passassem pelas peneiras uniformemente, pesando-se então o material retido em cada peneira, em balança com precisão de duas casas decimais.

Ao se peneirar as amostras de feno, ocorreu intenso entrelaçamento das partículas, principalmente nas amostras de forragem de tamanhos pequeno e médio, obtidos por desintegração em equipamentos que causam ruptura longitudinal da forragem. Este material, sob a ação do agitador mecânico, se entrelaçava, retendo mesmo as partículas muito pequenas, nas peneiras superiores. No material de tamanho grande, obtido em equipamento onde ocorre uma secção transversal do

³ Telastem

material, com pouca ruptura longitudinal, este inconveniente foi menos observado. Para contornar este problema na medição das forragens, acrescentou-se uma peneira adicional de abertura de 19 mm, apenas para que o material caísse lentamente na primeira peneira.

O peso do material retido em cada peneira foi expresso como porcentagem do peso total de amostra avaliada, enquanto o peso de fibra efetiva foi considerado como a porcentagem de peso total retido pela peneira de 1,19 mm somado aos pesos do material retido nas peneiras de tamanho de abertura superiores.

3.4.2. Análises bromatológicas

A análise das amostras (forragens, concentrado, sobras e conteúdo rumino-reticular) iniciou-se pela determinação de seus teores de matéria seca e matéria mineral. A composição da fibra de todas as amostras foi caracterizada pela determinação da fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), lignina em detergente ácido (LDA) e cinza, segundo marchas recomendadas por Silva & Queiroz (2002) e Mertens (2002). Para os alimentos, foram determinados os teores de proteína bruta, extrato etéreo, cálcio e fósforo. As pesagens de amostras e resíduos foram feitas em balança com precisão de quatro casas decimais.

As análises de FDN foram realizadas com aquecimento das amostras imersas no detergente neutro em bécher sobre placa aquecedora, com condensadores. Adicionou-se amilase termoestável (A3306- Sigma[®]) para remover o amido das amostras e evitar a obstrução de poros do cadinho filtrante. Usou-se também sulfito de sódio (S0501 - Sigma[®]), para auxiliar a remoção de contaminação por material nitrogenado insolúvel na fibra. Uma vez alcançado o ponto de ebulição se reduzia a

temperatura, mantendo as amostras em ebulição por uma hora. Na sequência, o resíduo desta fase da extração era recolhido em cadinho filtrante número 1 (LabTec[®]), e lavado em bomba a vácuo com água destilada fervente e acetona. O resíduo era então seco em estufa a 105°C e pesado.

As fases seguintes das análises foram conduzidas sequencialmente. Para determinar FDA, o material retido nos cadinhos foi imerso em bécher com detergente ácido, sob aquecimento por uma hora após alcançar a temperatura de ebulição, com posterior lavagem com água fervente e acetona, secagem a 105°C e pesagem.

A determinação da lignina foi feita por hidrólise ácida, pela imersão dos cadinhos com resíduo de FDA em recipientes contendo ácido sulfúrico 72% (P/V), por três horas, com posterior lavagem com água fervente, seguida por secagem e pesagem.

A queima dos resíduos de lignina em mufla a 500°C por três horas foi realizada para medir a presença de minerais associados à fibra.

Obtida a composição das amostras de alimentos e das sobras, e com os registros das quantidades fornecidas de alimentos e das sobras diárias, estimou-se o consumo diário de matéria seca do feno e do concentrado. A ingestão de partículas consideradas fisicamente efetivas (retidas em peneira de malha igual ou maior que 1,19 mm) foi estimada de forma similar, utilizando-se as informações do perfil granulométrico do feno, do concentrado, e das sobras de alimentos deixada por cada animal.

A taxa de renovação da massa seca no rúmen foi estimada utilizando-se a razão entre o conteúdo ruminal (kg de MS) e o consumo de matéria seca (kg MS/h), segundo Cannas et al. (2003).

3.5. Análises estatísticas

Os dados utilizados para as análises estatísticas no presente estudo contém os valores de massa corporal, consumo de matéria seca, de FDN e de lignina, além de massa recuperada no rúmen para conteúdo fresco, massa seca, FDN e lignina, estando disponíveis no Apêndice desta dissertação.

Considerando que a lignina é uma fração da fibra (Van Soest, 1994) e assumindo que a remoção de matéria indigerível do rúmen-retículo não é confundida com a perda de massa por intermédio da digestão (Ellis, 1978), a taxa de renovação da lignina, escalonada para a massa animal foi utilizada para estimar a taxa fracional de passagem. A taxa de renovação da lignina foi estimada diretamente utilizando-se a razão entre a quantidade de lignina retida no rúmen e o consumo de lignina ($Q_{\text{lig}} / C_{\text{lig}}$) e aplicando-se um procedimento de regressão não linear robusta com um desvio padrão de $\sigma=0,5d$.

Foi adotada a estratégia de se escalonar as variáveis medidas no experimento em relação à massa corporal para se reduzir o efeito do tamanho sobre os seus comportamentos, permitindo desta maneira que comparações possam ser feitas independentes da massa ou tamanho animal. Segundo Kleiber(1975), a função potencial de escalonamento geral pode ser descrita como:

$$Y = \alpha X^{\beta} + \varepsilon \text{ (Equação 1)}$$

onde o valor de α é uma constante escalonada expressa como uma unidade de variável dependente por unidade de massa elevada a uma potência b . Os valores das variáveis observadas foram substituídas por Y , sendo os valores escalonados obtidos pelo quociente Y/X^{β} (Vieira et al., 2008 b).

De acordo com Vieira et al. (2008 a) o termo do erro (ϵ) é sujeito a uma pressuposição comum ou universal de normalidade e independência, com média zero e variância σ^2 . As variáveis medidas no presente experimento foram substituídas por Y e a equação foi ajustada para cada variável atribuindo-se o valor da massa corporal ao eixo das abscissas X. As variáveis escalonadas foram obtidas pelo quociente Y/X^β (Vieira et al., 2008b)

As estimativas dos parâmetros, quando do uso da equação 1, foram estimadas utilizando-se um procedimento de regressão não linear robusta (PROC NLIN) e aplicando-se o método dos mínimos quadrados re-ponderado iterativamente, baseado no algoritmo de Marquardt como implementado no SAS (SAS Institute, Cary, NC, USA). Para satisfazer o critério de robustez, uma estimativa inicial do desvio padrão (σ) e uma constante de ajuste (4,685) foram usadas (Beaton and Tukey, 1974).

Os dados obtidos foram analisados por meio do programa computacional Statistical Analysis System (SAS, 1999), utilizando-se o procedimento PROC MIXED do SAS e o teste Student-Neuman-Keuls (SNK), a 5% de probabilidade, para comparação das médias.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Composição das dietas, avaliação da granulometria, e escalonamento das variáveis

As variações na concentração de fibra (Tabela 4) foram inferiores a 2%, quando comparadas as médias dentro de cada nível de qualidade, dispersão que pode ser atribuída às análises laboratoriais ou mesmo à amostragem do material utilizado. Na Tabela 2 são apresentados dados das amostras de forragens antes que fossem submetidas aos processos de trituração.

Tabela 4 – Composição da fibra dos alimentos, de acordo com a qualidade da forragem e o tamanho de partículas

Qualidade da forragem	Tamanho de partículas	FDN	FDA	Lignina	Cinzas	Razão lignina/FDN
		(% na MS)				
alta	pequeno	69,36	36,59	4,15	0,84	0,059
	médio	68,49	35,12	4,04	0,94	0,059
	grande	68,56	34,76	4,03	0,95	0,059
média	pequeno	71,60	40,88	4,98	0,86	0,069
	médio	69,87	41,03	5,02	1,97	0,072
	grande	70,80	41,27	5,00	1,62	0,07
baixa	pequeno	68,09	40,66	5,73	0,75	0,084
	médio	69,66	39,10	6,16	0,68	0,088
	grande	68,62	38,68	5,88	0,89	0,086
concentrado	----	15,79	6,39	0,80	0,02	0,05

Na comparação das análises das forragens de diferente qualidade, observa-se acréscimo de 15,7% e 11,2% na concentração de FDA nos fenos de qualidade média e baixa, respectivamente, em relação ao de alta qualidade. As variações relativas à concentração de lignina foram ainda maiores, sendo 22,7 e 45,4% superiores ao valor médio encontrado no feno de alta qualidade.

Esta informação é compatível com o relato de Oliveira et al (2000a), de que com o processo de alongamento dos colmos e redução do número de folhas vivas por perfilho, à partir dos 28 dias de idade ocorre predomínio destes na matéria seca produzida por esta forragem, com a melhor associação entre produção e valor nutritivo ocorrendo em torno de 28 a 35 dias de rebrota, e com ligeiro aumento no número de folhas vivas após os 56 dias de rebrota. Segundo Ataíde Júnior (1999) e Oliveira et al. (2000b), por volta dos 56 dias de rebrota, ocorre intenso acamamento das plantas, dificultando o trabalho das máquinas durante o processo de fenação. Considerando que a forragem foi produzida em área de plantio recente, ainda com espaços vazios entre as plantas, possivelmente o acamamento seguido por emissão de raízes adventícias e rebrota durante o período de repouso do capim, fez com que

parte dos colmos permanecesse no campo após a ceifa realizada aos 65 dias de idade. Assim, a forragem não seria representativa do material produzido durante o período.

Também se observa na Tabela 4 maior consistência no aumento da concentração da lignina ao longo do tempo, quando comparada a outras entidades nutricionais analisadas, levando a um aumento contínuo da razão lignina/FDN.

Observa-se (Tabela 5) que independente da qualidade do feno, mais de 63% das partículas foram retidas em peneiras de 1,19mm, tamanho este considerado crítico para a elegibilidade de escape do compartimento rúmen-retículo. O tamanho de partícula teve influência sobre o percentual retido nas peneiras de 1,19mm, sendo de 65,9, 74,8 e de 94,2% para o procedimento que determinou o tamanho de partículas pequeno, médio e grande, respectivamente; ou seja, o total de massa inicial para sofrer redução em tamanho varia em função do processamento do material.

Por outro lado, o percentual de partículas retidas na peneira com abertura de 4,76 mm também manteve relação com o tamanho de partículas, sendo que na média 16,3%; 47,9%; e 75,3% de partículas classificadas como pequeno, médio e grande ficaram retidas naquela peneira.

Verifica-se ainda que amostras de feno com diferente qualidade podem apresentar intensidade de desintegração diferente em mesmo equipamento.

Tabela 5 – Perfil granulométrico dos fenos de coast-cross (*Cynodon dactylon*), com diferentes níveis de qualidade e tamanhos de partícula, e do concentrado (somatório de percentuais das peneiras)

Qualidade da forragem	Tamanho de partículas	>4,76	>2,38	>1,19	>1,00	>0,71	>0,29	Total ¹
		mm	mm	mm	mm	mm	7 mm	
		%						
alta	pequeno	10,93	28,23	65,04	67,35	76,10	93,21	100,0
	médio	38,68	49,11	68,08	74,15	80,29	94,55	100,0
	grande	72,44	79,90	93,21	95,34	97,45	99,54	100,0
média	pequeno	29,63	41,17	69,79	74,07	81,36	93,27	100,0
	médio	52,75	61,37	79,69	83,38	88,52	96,45	100,0
	grande	86,06	91,31	96,53	97,36	98,13	99,06	100,0
baixa	pequeno	8,48	23,85	62,89	69,40	79,83	95,49	100,0
	médio	52,44	60,46	76,54	80,82	86,97	96,20	100,0
	grande	67,33	79,23	92,96	95,34	97,61	99,63	100,0
concentrado	-----	0,00	0,39	11,28	20,18	39,36	74,14	100,0

1. Expresso como somatório dos valores de percentual de partículas retidas em cada peneira e nas peneiras de abertura imediatamente superiores (% da MS)

O perfil granulométrico das partículas do conteúdo ruminal, dos grupos formados conforme a qualidade e tamanhos de partículas do feno consumido é apresentado na Tabela 6, expresso como somatório dos valores percentuais de partículas retidas em cada peneira e nas peneiras de abertura imediatamente superiores (% na MS). Destaca-se entre estes valores, o baixo percentual de partículas maiores que 4,76 mm, para os animais consumindo forragem de qualidade baixa em tamanho pequeno ou médio, que sugere uma mastigação mais intensa ao consumir forragem de qualidade baixa.

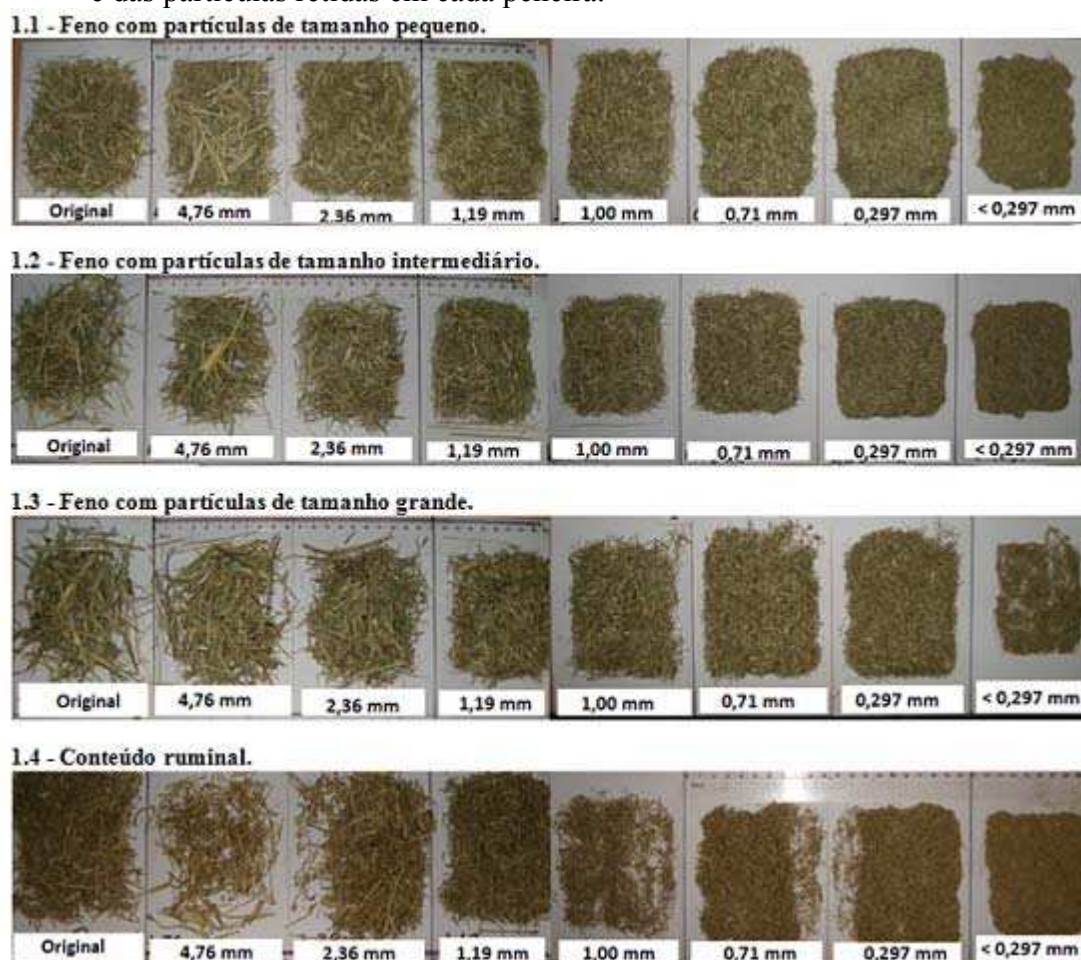
Tabela 6 - Perfil granulométrico das partículas do conteúdo rumino-reticular recuperado após o abate

Qualidade da forragem	Tamanho de partículas	>4,76 mm	>2,38 mm	>1,19 mm	>1,00 mm	>0,71 mm	>0,297 mm	Total
alta	pequeno	9,25	20,74	55,55	58,70	72,65	92,60	100
	médio	18,30	27,67	56,28	60,96	74,12	92,53	100
	grande	21,64	33,74	60,85	63,68	74,71	91,88	100
média	pequeno	10,59	16,72	48,86	53,39	67,31	90,69	100
	médio	14,30	21,03	49,00	53,38	68,78	91,11	100
	grande	16,67	24,76	48,80	56,43	70,50	92,15	100
baixa	pequeno	3,00	10,04	48,10	51,47	70,74	93,02	100
	médio	9,69	16,38	47,81	51,62	70,02	92,57	100
	grande	17,66	26,86	54,86	58,53	73,56	92,99	100

1. Expresso como somatório dos valores de percentual de partículas retidas em cada peneira e nas peneiras de abertura imediatamente superiores (% da MS).

A figura 1 ilustra o aspecto visual das amostras de feno após pré-secagem, e do conteúdo ruminal após pré-secagem e desagregação de partículas, e do material retido nas diversas peneiras para avaliação da granulometria. Por comparação visual entre as amostras de diferentes tamanhos de partículas, observa-se que os materiais picados em tamanho médio e grande apresentavam as partículas grandes facilmente distinguíveis, facilitando a atividade de seleção pelos animais.

Figura 1 – Aspecto das amostras originais de feno com diferentes tamanhos de partículas: pequeno (1.1), médio (1.2) e grande (1.3), e de conteúdo ruminal, e das partículas retidas em cada peneira.

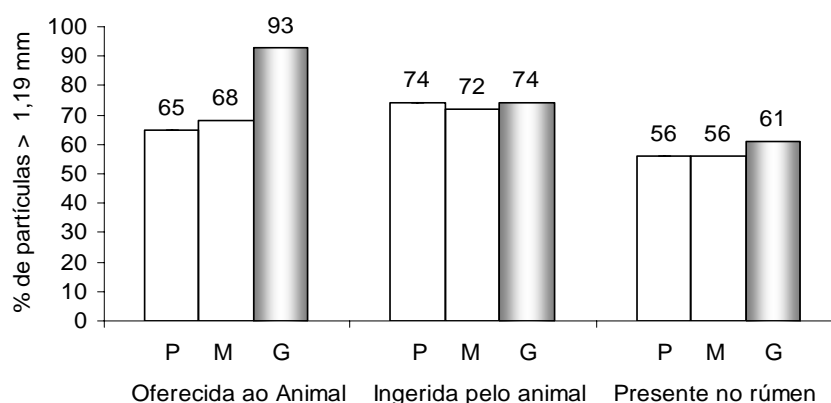


Nos gráficos 1, 2 e 3 busca-se representar a variação do percentual de partículas consideradas fisicamente efetivas, em três diferentes momentos, que são a dieta oferecida aos animais, a dieta selecionada e ingerida por estes, e o conteúdo ruminal, considerado como uma representação da variação ao longo do dia. A granulometria do material ingerido foi estimada pela diferença entre a granulometria da dieta oferecida e das sobras recolhidas.

No Gráfico 1 são apresentadas informações relativas ao percentual de partículas maiores que 1,19 mm presentes na forragem de qualidade alta oferecida aos animais, selecionada e ingerida por estes, e no conteúdo ruminal reticular

recuperado após o abate. Observa-se que independentemente do tamanho a que se tenha reduzido a forragem, o percentual estimado de partículas ingeridas foi semelhante, e maior que o presente na forragem oferecida em tamanhos pequeno e médio, possivelmente por uma recusa ou dificuldade em consumir o material muito pulverizado, presente no feno. Em relação à forragem oferecida com tamanho de partículas grande, verificou-se seleção para partículas de menor tamanho, sendo que entre os fragmentos grandes das sobras se identificavam principalmente.

Gráfico 1 - Percentual de partículas de forragem de qualidade alta, triturada em três diferentes tamanhos: pequeno (P), médio (M) e grande (G), na dieta oferecida, no material ingerido e no conteúdo rumino retidas em peneiras de 1,19 mm.



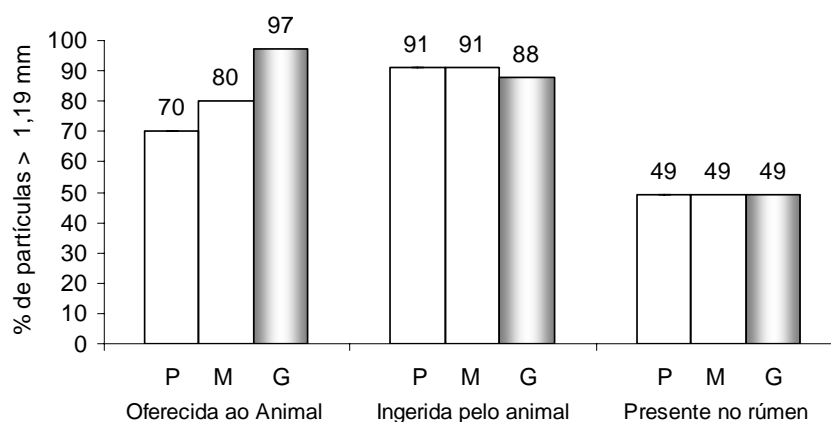
Em relação ao material colhido no conteúdo ruminal, também não se observou diferença significativa nos percentuais de partículas retidas em peneira de 1,19mm. Ao se comparar estes valores aos da dieta, verifica-se que além de seleção no processo de ingestão, ocorreu um processo de redução de partículas do material ruminal ao longo do dia.

Assumindo uma condição de equilíbrio dinâmico para o consumo de alimentos, pode-se sugerir uma taxa de redução do percentual da massa de partículas não escapáveis para o compartimento de partículas escapáveis da ordem de 0,75;

0,66; e 0,54% h⁻¹, para os materiais triturados inicialmente em tamanho de partículas pequeno, médio e grande.

No Gráfico 2 são apresentadas informações referentes às partículas de forragem de qualidade média oferecida e consumida pelos animais, e à caracterização das partículas recuperadas na digesta. Também nesse caso, independentemente do procedimento para se triturar o feno, o percentual estimado de partículas no material ingerido era semelhante, demonstrando uma rejeição pelas partículas muito pequenas. O percentual de partículas maiores que 1,19 mm no conteúdo ruminal foi o mesmo para os três tamanhos.

Gráfico 2 - Percentual de partículas de forragem de qualidade média, triturada em três diferentes tamanhos: pequeno (P), médio (M) e grande (G), na dieta oferecida, no material ingerido e no conteúdo ruminal retidas em peneiras de 1,19 mm.

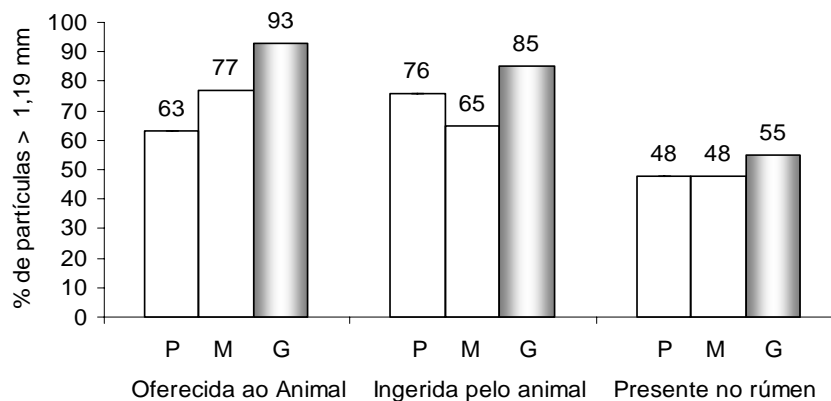


Assumindo a condição de equilíbrio dinâmico para o consumo de alimentos, conforme relatado anteriormente na discussão do Gráfico 1, pode-se sugerir uma taxa de redução do percentual da massa de partículas não escapáveis para o compartimento de partículas escapáveis da ordem de 1,75; 1,75; e 1,63% h⁻¹, para a forragem triturada inicialmente em tamanhos pequeno, médio ou grande.

É possível que em função do maior tamanho e outras características das partículas ingeridas em um material fisiologicamente mais maduro, os caprinos tenham exercido maior atividade mastigatória contribuindo para uma rápida redução no *pool* de partículas não elegíveis ao escape do rúmen-retículo.

No Gráfico 3, à semelhança do apresentado nos dois gráficos anteriores, são apresentados dados referentes ao consumo de partículas pelos caprinos que receberam forragem de qualidade baixa. Neste caso, com o material mais lignificado, observa-se considerável variação no percentual de partículas maiores que 1,19mm ingeridas. Também nesse caso, independentemente do procedimento para se triturar a forragem, o percentual estimado de partículas maiores do que 1,19mm no conteúdo ruminal era semelhante.

Gráfico 3 - Percentual de partículas de forragem de qualidade baixa, triturada em três diferentes tamanhos: pequeno (P), médio (M) e grande (G), na dieta oferecida, no material ingerido e no conteúdo ruminal retido em peneiras de 1,19 mm.



As taxas de redução do percentual da massa de partículas não escapáveis para o compartimento de partículas escapáveis foram de 1,16; 0,71; e 1,25% h⁻¹, para a forragem triturada inicialmente em partículas de tamanho pequeno, médio e grande.

Na Tabela 7 são apresentadas informações relativas aos valores médios para massa corporal dos animais ao abate, consumo médio de alimentos no decorrer da última semana do experimento, composição da fração fibrosa da dieta neste período e composição da fração fibrosa do conteúdo rumino reticular recuperado ao abate. Também são apresentados os valores da razão entre o consumo de fibra em partículas maiores do que 1,19 mm e menores do que 1,19 mm, em relação à massa corporal dos animais. As variações verificadas entre valores mínimos e máximos decorrem dos fatores estudados e também de diferenças de massa corporal.

Tabela 7 – Valores médios de consumo e composição do conteúdo ruminal

Variável	Média	Desvio	Mínimo	Máximo
Massa corporal (kg)	25,49	4,32	15,45	33,45
Consumo de Matéria Seca total (g.dia ⁻¹)	552,34	211,77	123,85	952,57
Consumo de MS de concentrado (g.dia ⁻¹)	151,33	57,90	52,04	259,31
Consumo de MS de forragem (g.dia ⁻¹)	401,01	155,41	71,81	693,26
Consumo de fibra em detergente neutro (g.dia ⁻¹)	306,91	117,34	62,34	526,63
Consumo de fibra fisicamente efetiva de forragem (g.dia ⁻¹)	172,42	75,41	53,88	377,55
Consumo de fibra fisicamente efetiva de concentrado (g.dia ⁻¹)	2,69	1,03	0,93	4,62
Razão Consumo de FDN > 1,19 mm (g.d ⁻¹) / Massa animal (g)	0,0068	0,00265	0,00256	0,01235
Razão de Consumo de FDN < 1,19 mm (g.d ⁻¹) / Massa animal (g)	0,0046	0,00287	0,00032	0,00988
Conteúdo ruminal fresco (g)	5549	1387	2075	8290
MS no rúmen (g)	582	225	170	1158
FDN no rúmen (g)	299,55	122,80	72,95	614,26
FDNfe no rúmen (g)	157,88	68,87	35,47	303,63
Lignina no rúmen (g)	35,35	14,09	8,04	72,97
Matéria indigerível no rúmen (g)	84,83	33,81	19,29	175,13

Na Tabela 8 são apresentadas as estimativas relacionadas aos diferentes parâmetros, utilizados durante as análises estatísticas para escalonar no programa de análises estatísticas, o consumo e o conteúdo de entidades nutricionais no rúmen retículo, em relação à massa animal, calculados com a utilização de regressão não linear robusta.

Tabela 8 – Valores estimados de α e β relacionados a cada parâmetro estudado

Item	$\alpha \pm \text{D.P.}^a$	I.C. (95%)		$\beta \pm \text{D.P.}^a$	I.C. (95%)		Σ^b	Σ^c
		Inferior	Superior		Inferior	Superior		
CMS total	0,93 ± 0,70	-0,48	2,34	1,97 ± 0,2	1,51	2,42	5.10 ⁴	124
CMS feno	0,63 ± 0,48	-0,34	1,61	1,98 ± 0,23	1,52	2,45	2.10 ⁵	90,75
CMS conc	0,18 ± 0,1	-0,02	0,37	2,08 ± 0,16	1,75	2,41	20	22,2
CFDN	0,411 ± 0,25	-0,089	0,909	2,04 ± 0,18	1,67	2,40	50	51,53
CFDN _{fe} total	3,16 ± 3,7	-4,2	10,51	1,24 ± 0,35	0,53	1,95	10 ⁴	67,36
CFDN _{fe} feno	3,23 ± 3,78	-4,4	10,83	1,23 ± 0,36	0,51	1,94	10 ⁵	67,04
CFDN _{fe} conc	0,004 ± 0,003	-0,003	0,01	2,00 ± 0,26	1,48	2,54	0,9	0,67
Cons Lig	0,035 ± 0,03	-0,032	0,102	1,97 ± 0,29	1,37	2,53	5	5,4
QCRF	104,4 ± 33,34	37,4	171,4	1,22 ± 0,09	1,024	1,414	400	470
QMSR	1,64 ± 1,13	-0,63	3,91	1,81 ± 0,21	1,39	2,22	100	110
QRF	1,1 ± 0,8	-0,493	2,727	1,72 ± 0,22	1,284	2,157	50	59,2
MFDN _{fe}	0,68 ± 0,59	-0,518	1,880	1,67 ± 0,27	1,14	2,2	30	37,7
QLIGR	0,32 ± 0,26	-0,20	0,85	1,44 ± 0,24	0,95	1,93	8	8,35
QINDR	0,76 ± 0,62	-0,49	2,00	1,45 ± 0,25	0,95	1,94	20	20,5
TMR _{MS}	25,73 ± 0,74	24,24	27,20	-0,65 ± 0,49	-1,64	0,34	5	5,07
TMR _{FDN}	23,75 ± 0,76	22,22	25,28	-0,36 ± 0,58	-1,522	0,79	5	5,2
TMR _{LIG}	42,38 ± 1,76	38,84	45,92	-0,72 ± 0,72	-2,18	0,74	15	12,2

^a;D.P é o desvio padrão do parâmetro;

^b Estimativa inicial pretendida para o erro padrão residual da regressão usada no procedimento de regressão robusta, assumindo uma constante de ajuste igual a 4,685;

^c Estimativa alcançada para o erro padrão residual da regressão.

4.2. Consumo de matéria seca e constituintes fibrosos

Para o consumo de matéria seca (Tabela 9) efeitos significativos ($P < 0,05$) foram observados para a interação entre qualidade da forragem e tamanho da partícula com relação a todas as variáveis dependentes medidas.

A taxa de consumo de matéria seca total observada para animais recebendo forragem em tamanho de partículas grande foi equivalente ao se comparar qualidade alta e média, e observou-se taxa de consumo maior para a forragem de qualidade baixa. Para a forragem de qualidade baixa, maior taxa de consumo esteve associada às partículas de tamanho médio ou grande.

O consumo de matéria seca de forragem de qualidade alta não foi alterado por tamanho de partículas. Apenas para a forragem de qualidade média houve efeito do tamanho de partícula, com consumo maior para o tamanho pequeno, sugerindo que neste caso a trituração mais intensa contribuiu para o processo digestivo, por aumento da taxa de passagem ruminal. Pode-se visualizar no Gráfico 2 que a partícula de tamanho pequeno ainda permitiu uma atividade de seleção para esta forragem de qualidade média, pois foi a que apresentou maior diferença de granulometria entre a dieta oferecida e a ingerida, optando por partículas maiores, sendo que este feno apresentou percentuais de partículas fisicamente efetivas maiores para ambos os procedimentos de trituração utilizados (Tabela 5).

Quando a forragem foi oferecida em partículas de tamanho grande, o maior consumo se deu para a forragem de qualidade baixa, possivelmente por facilitar a seleção como forma de compensar a redução da disponibilidade de nutrientes em uma forrageira com idade mais avançada, ou seja, a desintegração excessiva pode ser negativa para a seleção do alimento pelos caprinos.

Ao oferecer a forragem em tamanho médio, as de qualidade alta e baixa são equivalentes. Possivelmente porque para a forragem de qualidade alta a intensidade de trituração não afeta o consumo, enquanto a de qualidade baixa ainda possibilita a seleção do alimento. Este resultado é similar ao verificado para o consumo de FDN (Tabela 10).

O consumo de matéria seca de concentrado foi menor para a forragem de qualidade baixa quando em tamanho pequeno, comparando-se a outros tamanhos desta forragem, ou as outras forragens de mesmo tamanho. Esperava-se que refletisse o consumo de forragem, por ser oferecido como um valor fixo do feno oferecido, com ajustes periódicos para que se mantivesse fixa a proporção de sobras, o que não ocorreu devido a variações diária do consumo.

Tabela 9 - Consumo em função do tamanho de partícula e qualidade da forragem

Variável	Qualidade da forragem	Tamanho de partícula		
		pequeno	médio	grande
CMS total (g.kg ^{-1,97} .d ⁻¹)	Alta	0,98	0,87	0,78 ^B
	Média	1,00	0,77	0,77 ^B
	Baixa	0,77 ^b	1,04 ^a	1,04 ^{Aa}
CMS forragem (g.kg ^{-1,98} .d ⁻¹)	Alta	0,71	0,61 ^{AB}	0,54 ^B
	Média	0,70 ^a	0,52 ^{Bb}	0,52 ^{Bb}
	Baixa	0,55	0,74 ^A	0,74 ^A
CMS concentrado (g.kg ^{-2,08} .d ⁻¹)	Alta	0,17 ^{AB}	0,17	0,16
	Média	0,19 ^A	0,16	0,16
	Baixa	0,14 ^{Bb}	0,19 ^a	0,20 ^a

Médias com letras minúsculas indicam diferença significativa ao nível de 5% para os valores de mesma linha.

Médias com letras maiúsculas indicam diferença significativa ao nível de 5% para os valores de mesma coluna, dentro de cada variável.

Na Tabela 10 verifica-se que houve maior consumo de FDN pelos animais que consumiram forragem de qualidade alta ou média, quando fornecidos em tamanho pequeno. Ao consumir a forragem de qualidade baixa, mais lignificada, o

consumo total e de FDN foi maior quando oferecido em partículas de tamanho médio ou grande, o que mostra um comportamento do caprino de preferir as partículas grandes, entre as quais possa distinguir diferenças de qualidade. É possível que o aumento no consumo busque compensar a perda de qualidade do alimento, ao encontrar oportunidade de selecionar as partículas para ingestão. A oferta de partículas lignificadas sem permitir oportunidade de seleção pode refletir em alterações no ambiente ruminal com repleção e retardo no tempo de renovação das partículas no rúmen.

Os resultados observados (Tabela 10) permitem sugerir recomendações de ordem prática com implicações sobre o desempenho animal. Os caprinos apresentam comportamento alimentar que o insere na categoria de animais consumidores intermediários (Van Soest, 1994). Ao se avaliar as taxas de consumo de fibra quando se oferece forragem de qualidade alta, considerando-se o tamanho de partículas, observa-se que o fornecimento de feno em tamanho pequeno reflete em maior consumo de FDN, sem representar restrição do consumo de matéria seca, e possibilita a preparação de misturas completas ao dificultar a seleção, além de acarretar menor desperdício.

De maneira inversa, quando da oferta de feno de qualidade baixa, torna-se recomendável o fornecimento de partículas picadas em tamanho grande, o que irá favorecer a seleção de partículas de melhor qualidade, permitindo também uma maximização do consumo de FDN.

Tabela 10 - Consumo de fibra em função do tamanho de partícula e qualidade da forragem

Variável	Qualidade da forragem	Tamanho de partícula		
		pequeno	médio	grande
FDN ($\text{g.kg}^{-2,04} \cdot \text{d}^{-1}$)	alta	0,440 ^{Aa}	0,383 ^{ABb}	0,340 ^{Bb}
	média	0,459 ^{Aa}	0,340 ^{Bb}	0,347 ^{Bb}
	baixa	0,336 ^{Bb}	0,463 ^{Aa}	0,459 ^{Aa}
FDN _{fe} ($\text{g.kg}^{-1,24} \cdot \text{d}^{-1}$)	alta	2,62 ^{Aab}	1,91 ^{Cb}	3,53 ^a
	média	2,71 ^A	2,66 ^B	3,56
	baixa	1,90 ^{Bb}	3,74 ^{Aa}	4,81 ^a
FDN _{fe forragem} ($\text{g.kg}^{-1,23} \cdot \text{d}^{-1}$)	alta	2,65 ^{Aab}	1,92 ^{Cb}	3,60 ^a
	média	2,75 ^A	2,71 ^B	3,63
	baixa	1,92 ^{Bb}	3,80 ^{Aa}	4,92 ^a
FDN _{fe concentrado} ($\text{g.kg}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$)	alta	3,90	4,04	3,34
	média	4,11	3,72	3,45
	baixa	3,07 ^b	4,14 ^{ab}	4,87 ^a
Lignina ($\text{g.kg}^{-1,97} \cdot \text{d}^{-1}$)	alta	0,033 ^a	0,027 ^{Bab}	0,024 ^{Bb}
	média	0,040 ^a	0,030 ^{Bb}	0,029 ^{Bb}
	baixa	0,037 ^b	0,054 ^{Aa}	0,051 ^{Aa}

Médias com letras minúsculas indicam diferença significativa ao nível de 5% para os valores de mesma linha.

Médias com letras maiúsculas indicam diferença significativa ao nível de 5% para os valores de mesma coluna, dentro de cada variável.

Os consumos totais de FDN fisicamente efetiva (FDN_{fe}) tendem a ser maiores ao se usar forragem com tamanho de partículas grande (Tabela 10), o que se relaciona à própria definição de fibra efetiva, e ao comportamento do caprino de preferir as partículas grandes.

Para a forragem de qualidade alta a Tabela 10 mostra que maiores consumos de FDN_{fe} ocorreram para os tamanhos pequeno (que apresentou maior consumo de FDN) e grande (que apresentou maiores percentuais de partículas maiores que 1,19 mm, conforme a Tabela 5).

Quando da oferta de forragem de qualidade baixa, observou-se menor consumo de FDN_{fe} para o tamanho pequeno (Tabela 10). Além de menor consumo

de FDN, o tamanho pequeno também se relaciona a percentuais menores de partículas maiores que 1,19 mm (Tabela 5).

Os animais que receberam forragem em tamanho pequeno tiveram menor consumo de FDN_{fe} para a forragem de qualidade baixa, que também apresentou menor consumo de FDN.

Para os animais que receberam forragem de tamanho médio, os de qualidade média e alta apresentaram menor consumo de FDN_{fe} . O consumo de FDN_{fe} para a forragem de qualidade média, foi superior ao verificado para a de qualidade alta, embora com consumo equivalente de FDN, mas com maiores percentuais de partículas maiores que 1,19 mm (Tabela 5).

O consumo de FDN_{fe} de forragem de qualidade baixa atingiu os valores mais altos (Tabela 10) nas combinações em que foi oferecido nos tamanhos médio e grande, sugerindo que o avanço da maturidade do volumoso levou os animais a elevar o consumo para satisfazer suas exigências em nutrientes, desde que o feno não fosse excessivamente triturado, provavelmente porque tal processamento dificultou a seleção obrigando-os a ingerir tecidos lignificados, situação que leva à repleção ruminal e redução do consumo. Para esta forragem o consumo de matéria seca de forragem não apresentou diferença apesar da diferença verificada de consumo de FDN_{fe} de forragem.

Ao se considerar o consumo da forragem de qualidade alta (Tabela 10) o tamanho de partícula grande também esteve associado ao maior consumo de fibra efetiva de forragem. Isto, no entanto, não significa consumir maior quantidade de fibra, como se pode observar ao se comparar estes dados com aqueles apresentados para consumo de FDN, mas se explica pelo conceito de efetividade física, uma vez que uma porcentagem maior da fibra consumida estava presente na forma de

partículas retidas em peneiras de 1,19 mm. A forragem de qualidade média teve aumento de consumo de MS de forragem com o tamanho de partículas pequeno, mas não apresentou diferença de consumo de fibra efetiva.

As forragens oferecidas em tamanho pequeno apresentaram maior consumo de FDN_{fe} de forragem quando tinham qualidade alta ou média, em que houve maior consumo de FDN, e percentuais de partículas maiores que 1,19 mm ligeiramente maiores (Tabela 5).

O consumo de FDN_{fe} de concentrado (Tabela 10) teve diferença apenas para a forragem de qualidade baixa, com valor maior para o tamanho grande, e menor para o pequeno, o que reflete a variação de consumo desta forragem, uma vez que a oferta de concentrado seguia uma proporção pré-estabelecida em relação ao consumo de volumoso.

Observaram-se maiores consumos de lignina (Tabela 10) das forragens de qualidade alta para os tamanhos pequeno e médio, e para a de qualidade média em tamanho pequeno, situações que coincidem com aumento do consumo de FDN. Supõe-se que as partículas mais trituradas destas forragens se tornavam elegíveis ao escape do rúmen-retículo mais rapidamente.

O fornecimento de forragem de qualidade baixa em tamanho médio ou grande também levou a aumento de consumo de lignina, novamente coincidindo com o aumento do consumo de FDN. Para esta forragem, foi encontrado o menor tempo médio de renovação (TMR) da lignina (Tabela 12), sugerindo a ocorrência de mecanismos para se adaptar ao aumento da concentração de lignina no rúmen.

4.2. Massa ruminal de matéria seca e entidades fibrosas, tempo médio de retenção e taxa de passagem

A interação tripla entre qualidade da forragem, tamanho de partícula e tempo do abate não foi significativa ($P>0,05$) para nenhuma das variáveis dependentes testadas (Tabela 11). Também não foram significantes ($P>0,05$) os efeitos da interação dupla qualidade da forragem e tamanho de partícula, ou a análise dos efeitos dos fatores independentes. As análises estatísticas foram conduzidas considerando-se a massa corporal escalonada. Dados mais detalhados estão disponíveis no Apêndice deste trabalho (Tabela 4A).

As quantidades de massa fresca e de matéria seca escalonada pela massa animal presentes no rúmen não se alteraram quando se forneceu duas refeições diárias aos animais, o que sugere um fluxo constante de alimentos, caracterizando o estado de equilíbrio dinâmico para as condições fisiológicas estudadas, ou seja, caprinos em crescimento, fator considerado de importância como pressuposição para as discussões relativas à dinâmica ruminal.

A média, desvio padrão e coeficiente de variação encontrados para a massa corporal dos animais no momento do abate, da quantidade de massa fresca, e da quantidade de matéria seca presente no conteúdo ruminal foram de $25,49 \pm 4,32$ kg e CV de 16,95%; 5549 ± 1287 g com CV 23,19%, e de 582 ± 225 g com CV de 38,6%, respectivamente. A concentração média de MS da digesta ruminal foi de $10,22 \pm 2,15\%$ com CV 21,04%. O conteúdo ruminal fresco equivaleu a $21,0 \pm 5\%$ do peso dos animais com CV 23,81%.

A massa média de FDN no rúmen foi de $295,51 \pm 131,12$ g com CV 44,37%. A concentração de fibra na digesta ruminal não variou quando se forneceu as

combinações de dietas com forragem apresentando os três tamanhos de partícula e três níveis de qualidade, sendo o valor médio observado de $51,71 \pm 3,58$ % FDN_{fe} e CV de 6,92%. É possível que a habilidade seletiva apresentada pelos caprinos, aliada à atividade mastigatória, tenha contribuído para a formação de massa bastante homogênea de material fibroso consumido, conforme comentado anteriormente em relação aos Gráficos 1, 2 e 3.

Tabela 11 – Composição e massa do conteúdo ruminal em função do tamanho de partícula e qualidade da forragem

Variável	Qualidade da forragem	Tamanho de partícula			
		pequeno	médio	grande	médias
CRF (g. kg ^{-1,22})	alta	102,51	100,48	103,54	102,51
	média	111,05	106,7	95,58	104,58
	baixa	103,54	108,85	113,3	108,85
	Médias	105,64	105,64	104,58	104,58
MSR (g. kg ^{-1,81})	alta	1,6738	1,6788	1,3207	1,5482
	média	1,7477	1,4460	1,4993	1,5589
	baixa	1,4379	1,5325	1,7607	1,5713
	Médias	1,6143	1,5494	1,5163	1,5596
FDNR (g. kg ^{-1,72})	alta	1,1783	1,171	0,8479	1,0537
	média	1,1559	0,9679	1,0226	1,0459
	baixa	1,1029	1,0173	1,2313	1,0814
	Médias	1,1120	1,0486	1,0220	1,0597
FDN _{fe} R (g. kg ^{-1,67})	alta	0,7706	0,7705	0,6025	0,7099
	média	0,6592	0,5491	0,57	0,5908
	baixa	0,5737	0,5664	0,6345	0,6345
	Médias	0,6630	0,6211	0,6463	0,6433
INDR (g. kg ^{-1,45})	alta	25,28	23,34	17,29	21,76
	média	22,65	18,92	17,64	19,69
	baixa	21,76	23,10	23,10	22,65
	Médias	23,10	21,76	19,11	21,33
LIGR (g. kg ^{-1,44})	alta	0,3075 ^a	0,3232 ^a	0,2241 ^{Bb}	
	média	0,3368	0,2946	0,3309 ^A	
	baixa	0,3046	0,3211	0,3934 ^A	

Médias com letras minúsculas indicam diferença significativa ao nível de 5% para os valores de mesma linha.

Médias com letras maiúsculas indicam diferença significativa ao nível de 5% para os valores de mesma coluna, dentro de cada variável.

A massa de FDN presente no rúmen representou $1,14 \pm 0,41\%$ do PV e CV 36,0%, valor semelhante ao encontrado para a taxa de consumo médio de FDN de $1,14 \pm 0,32\%$ do PV e CV 28,1% o que sugere um tempo médio de renovação da massa fibrosa de 24 horas em função do equilíbrio de massas do material consumido e o presente no rúmen.

Os valores de consumo de fibra no presente estudo são um pouco inferiores aos relatados por Branco (2005). A taxa de consumo médio de FDN foi de 311,03 g.d⁻¹, e de 552,34 g.d⁻¹ para a MS, portanto, em média o material consumido apresentou 56,3% de FDN. No trabalho com cabras em lactação, utilizando fenos de Tifton com 75% de FDN e dietas variando entre 20 a 49% de FDN, Branco (2005) reportou uma equação relacionando o consumo de FDN (% massa animal) a níveis de FDN na dieta como, $Y = 0,65 + 0,0125X$. Aplicando os valores observados no experimento presente encontra-se um valor de 1,33% do PV.

A massa média de FDN_{fe} no rúmen foi de $156,1 \pm 73,33$ g com CV 46,97%. A fibra fisicamente efetiva representou $51,34 \pm 3,58\%$ e CV de 21,15% da massa fibrosa presente no rúmen. Avaliando-se as informações obtidas com a massa de FDN_{fe} e a de FDN total pode-se sugerir que provavelmente os caprinos façam uso da atividade seletiva e da mastigação de maneira intensa, quando comparado a ruminantes de maior massa corporal, como uma maneira de reduzir o impacto da massa fibrosa indigerível afetando o consumo animal. Desta maneira o material fibroso no rúmen apresenta-se menos heterogêneo quanto à distribuição de partículas que apresentem elegibilidade de escape do ambiente ruminal.

Quanto à média da massa de lignina no rúmen para as diferentes combinações entre qualidade da forragem e tamanho de partícula, observa-se que para o feno de qualidade alta, o consumo de partículas de tamanho pequeno ou médio levou a maior

acúmulo de lignina no rúmen, acompanhando a resposta observada para consumo de fibra e lignina pelos animais. É possível sugerir que o tamanho de partícula pequeno tenha contribuído de maneira a não permitir a seleção por fragmentos com menor concentração de lignina.

Também se observa diferença em relação ao conteúdo de lignina entre os animais que receberam a forragem em tamanho de partículas grande, tendo sido a acumulação de lignina crescente com a perda de qualidade da forragem (Tabela 11), o que foi esperado, uma vez que nestes casos houve também aumento do consumo de MS e de forragem, sendo a qualidade baixa. A massa média de lignina no rúmen foi de $35,35 \pm 14,09$ g com CV de 39,86%. A lignina representou 11,8% do material fibroso do conteúdo ruminal (Tabela 11), valor maior que a concentração média de 8% de lignina na fibra do material ingerido (Tabela 10), demonstrando o maior tempo de retenção da fração indigerível na digesta ruminal.

Ao se analisar as estimativas de parâmetros utilizados para o escalonamento das variáveis relativas à taxa de renovação da massa ruminal de MS, de fibra e lignina (Tabela 8), verifica-se que para estes parâmetros a estimativa do valor de β , utilizado como expoente ao qual se eleva a massa corporal para o escalonamento desta, apresenta um intervalo de confiança em que se inclui o valor zero. Isso nos permite considerar a análise de variância destes dados sem o escalonamento das variáveis em relação à massa animal, uma vez que elevados a 0 (zero) assumiriam o valor de 1 (um).

A qualidade da forragem e o tamanho de partícula não exerceram influência ($P > 0,05$) sobre o tempo médio de renovação (TMR) da MS e da FDN no rúmen dos caprinos (Tabela 12), os quais foram semelhantes (“25h56’24” e 23h59’24”). A possível explicação para a semelhança destas taxas observadas é que a maior parte da

matéria seca sendo consumida pelos caprinos foi constituída de fibra. A fibra é considerada como sendo a entidade nutricional que apresenta taxas de degradação reduzidas ou mesmo nulas, podendo aumentar o tempo de desaparecimento da massa ruminal. É possível que a capacidade dos caprinos de promover uma redução considerável no material ingerido, seja por seleção das partículas como também por mastigação e remastigação, contribua para que uma maior fração de fibra existente na digesta ruminal apresente um tamanho elegível ao escape ruminal.

A variação no tamanho da partícula da forrageira da dieta não teve influência ($P>0,05$) sobre os valores do TMR de lignina (Tabela 12), sendo, portanto, apresentado o efeito exercido pela qualidade da forrageira.

Verifica-se menor valor no TMR da lignina quando do uso de forragem de qualidade baixa. Em teoria, as forragens de qualidade baixa apresentam maior concentração de lignina na fração fibrosa e conseqüentemente maior dificuldade de degradação da partícula é esperada, o que levaria à obtenção de resultados contrários aos observados. Uma possível explicação para o caso presente pode estar ligada à percepção, por parte do caprino, da presença de partículas com maior resistência ao cisalhamento, estimulando uma maior atividade mastigatória sobre estas partículas, e levando à rápida redução no tamanho do material, além de aumentar o fluxo salivar dos animais quando da ingestão dos alimentos, fatores que contribuiriam para a remoção destas partículas do ambiente ruminal.

Tabela 12 – Tempo médio (horas) de renovação no rúmen para matéria seca, FDN e lignina, em função do tamanho de partícula e qualidade do feno

Variável	Qualidade do Feno	Tamanho de Partícula			Médias
		Pequeno	Médio	Grande	
TMR MS	Alta	24,94	27,94	24,62	25,83
	Média	26,31	27,52	29,21	27,67
	Baixa	26,56	21,23	25,09	24,29
	Médias	25,94	25,56	26,31	25,94
TMR FDN	Alta	23,11	26,64	22,09	23,95
	Média	23,12	25,24	27,48	25,28
	Baixa	25,20	19,04	24,60	22,75
	Médias	23,81	23,64	24,52	23,99
TMR LIG	Alta		48,60±4,22 ^A		
	Média		51,31±4,22 ^A		
	Baixa		33,94±4,37 ^B		

Médias com letras minúsculas indicam diferença significativa ao nível de 5% para os valores de mesma linha.

Médias com letras maiúsculas indicam diferença significativa ao nível de 5% para os valores de mesma coluna, dentro de cada variável.

CONCLUSÕES

Alterações na qualidade e tamanho das partículas da forragem oferecida aos caprinos, recebendo dietas ricas em volumosos, produzem respostas variadas na taxa de consumo, que dependem das interações entre as duas variáveis independentes.

Maiores valores de consumo de forragem de alta qualidade são observados quando triturada em partículas de tamanho pequeno, enquanto ao se utilizar forragem com qualidade baixa, o maior consumo é favorecido por menor desintegração do material oferecido, permitindo a seleção pelos caprinos.

A massa de matéria seca e de fibra, bem como o tempo médio de renovação destas variáveis no rúmen não são alteradas quando se modifica a qualidade ou mesmo o tamanho da partícula da forragem oferecida aos caprinos em crescimento.

O tempo médio de renovação da lignina no conteúdo ruminal de caprinos é reduzido quando sua dieta incluiu forragem de baixa qualidade.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ATAÍDE JÚNIOR, J. R. Valor nutritivo do feno de Tifton-85 (*Cynodon spp.*) em diferentes idades de crescimento. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1999. Dissertação. (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa. 1999.
- ATAÍDE JÚNIOR., J.R., PEREIRA, O.G., VALADARES FILHO, S.C. et al.. Consumo, Digestibilidade e Desempenho de Novilhos Alimentados com Rações à Base de Feno de Capim-Tifton 85, em Diferentes Idades de Rebrotas. Revista Brasileira de Zootecnia. v. 30, n. 1, 2001.
- BEATON, A. E. and TUKEY, J. W. The fitting of power series, meaning polynomials, illustrated on bandspectroscopic data. *Technometrics*, v. 16, n.2, p.147-185, 1974.
- BEZERRA, E. S.; QUEIROZ, A.C.; MALDONADO, F. et al. Efeito do Perfil Granulométrico das Partículas Dietéticas sobre Parâmetros de Desempenho de

- Vacas Leiteiras em Lactação. Revista Brasileira de Zootecnia, v.31, n.3, p.1511-1520, 2002 (Suplemento).
- BEZERRA, E.S.; QUEIROZ, A.C.; BEZERRA, A.R.G.F. et al. Perfil Granulométrico da Fibra Dietética sobre o Tempo Médio de Retenção e a Digestibilidade Aparente de Dietas para Vacas Leiteiras. Revista Brasileira de Zootecnia, v.33, n.6, p.2378-2386, 2004 (Suplemento. 3).
- BRANCO, R.H. Avaliação da qualidade da fibra sobre a cinética ruminal, consumo e eficiência de utilização de nutrientes em cabras leiteiras. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2005. 166p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa.
- CAMPOS, P.R.S.S.; VALADARES FILHO, S.C.; CECON, P.R. et al. Estudo comparativo da cinética de degradação ruminal de forragens tropicais em bovinos e ovinos. Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia, v.58, n.6, p.1181-1191, 2006.
- CANNAS, A., VAN SOEST, P. J., PELL, A. N. Use of animal and dietary information to predict rumen turnover. Animal Feed Science and Technology., n. 106, p.95-117, 2003.
- CARVALHO, G.G.P.; PIRES, A.J.V.; VELOSO, C.M. ET AL. Degradabilidade ruminal do feno de forrageiras tropicais. Revista Brasileira de Agrociência, Pelotas, v. 12, n. 1, p. 81-85, jan-mar, 2006.
- CARVALHO, S. Desempenho e comportamento ingestivo de cabras em lactação alimentadas com dietas contendo diferentes níveis de fibra. Viçosa: Universidade

- Federal de Viçosa. 2002, 118p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 2002.
- ELLIS, W. C., 1978. Determinants of grazed forage intake and digestibility. *Journal of Dairy Science*, v. 61, 1826-1840, 1978.
- FONTES, C.A.A.; ALVES, G.R.; PAULINO, M.F. ET AL. Influência do Nível de Consumo sobre a Degradabilidade das Partículas e Características ligadas à Cinética Ruminal, em Novilhos Pastejando Capim- Elefante. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.30, n. 6S, p. 2134-2144, 2001.
- GONÇALVES, A.L.; LANA, R.P.; RODRIGUES, M.T. et al. Degradabilidade Ruminal da Matéria Seca e da Fibra em Detergente Neutro de Alguns Volumosos Utilizados na Alimentação de Cabras Leiteiras, Submetidas a Dietas com Diferentes Relações Volumoso:Concentrado. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 30, n. 6, p. 1893-1903, 2001.
- GONÇALVES, A.L.; LANA, R.P.; RODRIGUES, M.T. et al. Padrão Nictemeral do pH Ruminal e Comportamento Alimentar de Cabras Leiteiras Alimentadas com Dietas Contendo Diferentes Relações Volumoso:Concentrado. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.30, n. 6, p.1886-1892, 2001.
- GONÇALVES, G.D.; SANTOS,G.T.; JOBIM, C.C. ET AL. Determinação do Consumo, Digestibilidade e Frações Protéicas e de Carboidratos do Feno de Tifton 85 em Diferentes Idades de Corte. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.32, n.4, p.804-813, 2003.

- HEINRICHS, A. J.; BUCKMASTER, D. R.; LAMMERS, B. P. Processing, mixing, and particle size reduction of forages for dairy cattle. *Journal of Animal Science*, n. 77, p.180-186, 1999.
- HEINRICHS, J.; KONONOFF, P. Evaluating particle size of forages and TMRs using the New Penn State Forage Particle Separator. Pennsylvania State University. 2002. Disponível em: <<http://www.vetmed.wsu.edu/courses-jmgay/documents/oldparticle96201.pdf>>. Acessado em 20/01/2008.
- HOFFMANN, R.R. Evolutionary steps of ecophysiological adaptation and diversification of ruminants: a comparative view of their digestive system. *Oecologia*, n.78, p. 443-457, 1989.
- HUBNER, C H; PIRES, C.C.; GALVANI, D. B. et al. Consumo de nutrientes, produção e composição do leite de ovelhas alimentadas com dietas contendo diferentes níveis de fibra em detergente neutro. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.36, n.6, p.1882-1888, 2007.
- HUBNER, C H; PIRES, C.C.; GALVANI, D. B. et al. Comportamento ingestivo de ovelhas em lactação alimentadas com dietas contendo diferentes níveis de fibra em detergente neutro. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.38, n.4, p.1078-1084, jul, 2008.
- KLEIBER, M. Metabolic turnover rate. A physiological meaning of the metabolic rate per unit body weight. *Journal of Theoretical Biology*, v.53, p.199-204, 1975.
- LU, C. D.; KAWAS, J. R.; MAGHOUB, O. G. Fiber Digestion and Utilization in Goats. *Small Ruminant Research*, v. 60, p.45-52, 2005.

- LU, C.D. Implication of Forage Particle Length on Chewing Activities and Milk Production in Dairy Goats. *Journal Dairy Science*, n. 70, p.1411-1416 1411, 1987.
- MARQUES, K.A. Comportamento Ingestivo, Consumo e Digestibilidade de Bovinos e Búfalos Alimentados com Níveis Crescentes de Concentrado. 2008. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). UFRPE, Recife.
- MATTHEWS, J. *Diseases of the Goat*. 2nd Ed. Oxford: Blackwell Science Ltd, 1999.
- MAYNARD, L.A.; LOOSLI, J.K.; HINTZ, H.F. *Nutrição Animal*. 3^a edição. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1984.
- MERTENS, D. R. Análise da fibra e sua utilização na avaliação de alimentos e formulação de rações. In: *Simpósio Internacional em Ruminantes, 1992, Lavras. Anais...* Lavras: Sociedade Brasileira de Zootecnia-Escola Superior de Agricultura de Lavras, 1992.
- MERTENS, D. R. Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows. *Journal of Dairy Science*, n. 80, p. 1463-1481, 1997.
- MERTENS, D. R. Gravimetric determination of amylase-treated neutral detergent fiber in feeds with refluxing in beakers or crucibles: Collaborative study. *Journal of Association of Official Analytical Chemists International*, v. 85, n. 6, p. 1217-1240, 2002.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC *Nutrient Requirements of Dairy Cattle*. 7th.ed. Washington, DC: National Academy Press, 2001
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. *Nutrients Requirements of Beef Cattle*. Seventh Revised Ed., Washington: National Academy Press, 1996. 242p.

- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. Nutrient Requirement of Small Ruminants. Sheep, goat, cervid and new world camelids. Ed. The National Academy Press. Washington, D.C. 2007. 384 p.
- OLIVEIRA, M.A.; PEREIRA, O.G.; GARCIA, R. et al., Rendimento e Valor Nutritivo do Capim-Tifton 85 (*Cynodon* spp.) em Diferentes Idades de Rebrotas. Revista Brasileira de Zootecnia, v. 29, n. 6, p. 1949-1960, 2000 (Suplemento 1) a
- OLIVEIRA, M.A.; PEREIRA, O.G.; MARTINEZ Y HUAMAN, C.A. et al. Características Morfogênicas e Estruturais do Capim-Bermuda ‘Tifton 85’ (*Cynodon* spp.) em Diferentes Idades de Rebrotas. Revista Brasileira de Zootecnia, v. 29, n. 6, p. 1939-1948, 2000 (Suplemento 1) b
- PEREIRA, E.S.; ARRUDA, A.M.V.; MIZUBUTI, I.Y. et al. Consumo voluntário em ruminantes. Semina: Ciências Agrárias, Londrina, v. 24, n. 1, p. 191-196, 2003.
- PEREIRA, J. C., CUNHA, D. N. F. V., CECON, P.R. et al. Comportamento ingestivo e taxa de passagem de partículas em novilhas leiteiras de diferentes grupos genéticos submetidas a dietas com diferentes níveis de fibra. Revista Brasileira de Zootecnia, v. 36, n. 6, p.2134-2142, 2007 (supl.).
- PEREIRA, J.C.; ALMEIDA, M.S.; QUEIROZ, A.C. et al. Características Físicas da Digesta e Resistência de Partículas ao Escape do Rúmen-Retículo em Novilhos Mantidos em Pastagem Natural em Diferentes Estações do Ano. Revista Brasileira de Zootecnia, v.31, n.2, p.731-739, 2002.
- RIBEIRO, K.G.R.; GARCIA, R.; PEREIRA, O.G. et al. Consumo e Digestibilidades Aparentes Total e Parcial, de Nutrientes, em Bovinos Recebendo Rações

- Contendo Feno de Capim-Tifton 85 de Diferentes Idades de Rebrotas. Revista Brasileira de Zootecnia, v. 30, n.2, p. 573-580, 2001.
- SILVA, D. J.; QUEIRÓZ, A.C. Análise de Alimentos: métodos químicos e biológicos. 3ª ed.- Viçosa : UFV, 2002.
- SMITH, L.W.; WALDO, D.R. Method for sizing forage cell wall particles. Journal of Dairy Science, v.52, p.2051-2053, 1969.
- VAN SOEST, P.J. Nutritional Ecology of the Ruminant. 2nd.ed., Ithaca: Comstock Publishing Associates, 1994. 476p.
- VIEIRA, R.A.M., PEREIRA, J.C., MALAFAIA, P.A.M. et al. Simulation of the nutrient dynamics in the gastrointestinal tract: application and validation of a mathematical model for grazing cattle. Revista Brasileira de Zootecnia, v. 29, n. 3, p. 898-909, 2000.
- 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. n. 255, p. 345–356, 2008. a
- VIEIRA, R. A. M.; TEDESCHI, L.O.; CANNAS, A. A generalized compartmental model to estimate the fibre mass in the ruminoreticulum: 2. Integrating digestion and passage. Journal of Theoretical Biology. n. 255, p.357-368, 2008. B

APÉNDICE

Tabela 1A – Dados individuais dos animais para qualidade e tamanho de partícula da forragem consumida, idade e peso vivo ao início do experimento, hora de abate e peso vivo ao abate

Animal	Tipo de feno	Qualidade forragem	Tamanho partícula	Idade (dias)	Peso Vivo inicial (kg)	Hora de abate	Peso Vivo ao abate (kg)
183	2	alta	médio	209	25,200	18:00	28,650
205	3	alta	grande	194	26,325	12:00	24,200
206	2	alta	médio	192	21,025	04:00	21,100
207	1	alta	pequeno	191	20,075	10:00	21,850
209	3	alta	grande	190	27,600	12:00	30,900
210	1	alta	pequeno	188	29,075	02:00	33,450
211	1	alta	pequeno	188	27,550	20:00	28,450
212	3	alta	grande	188	18,625	02:00	20,900
213	3	alta	grande	188	25,975	20:00	27,900
214	2	alta	médio	187	20,850	10:00	22,250
217	2	alta	médio	186	28,125	18:00	29,750
218	2	alta	médio	185	25,325	04:00	29,400
219	3	alta	grande	190	25,850	02:00	25,400
220	2	alta	médio	189	24,500	10:00	25,050
221	1	alta	pequeno	189	26,025	02:00	31,450
223	3	alta	grande	188	15,575	18:00	16,750
224	1	alta	pequeno	188	22,675	18:00	28,200
225	1	alta	pequeno	188	24,400	10:00	28,150
227	6	média	grande	194	18,400	02:00	15,450
228	6	média	grande	194	20,500	10:00	17,550
229	5	média	médio	194	27,625	10:00	29,350
231	5	média	médio	194	22,250	20:00	19,550
232	6	média	grande	193	26,000	18:00	27,600
233	4	média	pequeno	193	21,050	02:00	23,400
234	4	média	pequeno	191	22,050	20:00	21,800
235	5	média	médio	192	28,275	12:00	29,850
236	6	média	grande	191	25,750	18:00	22,700
243	5	média	médio	189	22,800	04:00	20,150
244	4	média	pequeno	186	25,000	04:00	24,150
246	4	média	pequeno	185	22,700	12:00	25,850
248	5	média	médio	192	24,150	18:00	23,900
250	5	média	médio	189	23,700	02:00	22,900
251	4	média	pequeno	189	25,450	18:00	28,050

Tabela 1A - continuação

Animal	Tipo de feno	Qualidade forragem	Tamanho partícula	Idade (dias)	Peso Vivo inicial (kg)	Hora de abate	Peso Vivo ao abate (kg)
252	6	média	grande	189	23,650	02:00	20,100
253	4	média	pequeno	189	22,450	10:00	19,250
254	6	média	grande	188	27,300	10:00	24,450
256	9	baixa	grande	194	25,850	02:00	26,300
257	7	baixa	pequeno	193	29,150	10:00	28,300
258	9	baixa	grande	193	28,900	10:00	29,600
259	7	baixa	pequeno	193	28,200	12:00	29,550
260	8	baixa	médio	193	26,050	02:00	30,450
261	8	baixa	médio	191	25,800	12:00	29,600
262	7	baixa	pequeno	191	25,800	18:00	30,400
263	7	baixa	pequeno	191	28,700	04:00	25,600
264	7	baixa	pequeno	190	25,400	04:00	27,900
265	7	baixa	pequeno	190	28,100	18:00	30,400
266	8	baixa	médio	189	24,450	20:00	25,200
267	9	baixa	grande	196	18,650	20:00	17,250
268	8	baixa	médio	196	26,850	10:00	28,200
272	8	baixa	médio	195	28,500	18:00	29,350
273	9	baixa	grande	195	27,200	10:00	26,650
275	9	baixa	grande	194	20,750	02:00	20,850
278	9	baixa	grande	190	25,150	18:00	25,400

Tabela 2A - Dados individuais dos animais para consumo diário de matéria seca de concentrado (CMSconc), matéria seca de forragem (CMSfor), matéria seca total (CMStotal), FDN de concentrado (CFDNconc), FDN de forragem (CFDNfor), FDN total (CFDNtotal) e de lignina (CLIG)

Animal	Tipo de feno	CMS conc (g)	CMS for (g)	CMS total (g)	CFDN conc (g)	CFDN for (g)	CFDN total (g)	CLIG (g)
183	2	184,12	462,95	647,08	29,08	317,10	346,17	19,32
205	3	76,07	202,02	278,09	14,23	138,37	152,61	8,14
206	2	88,10	261,36	349,46	16,11	179,02	195,13	10,19
207	1	93,99	405,21	499,20	16,68	277,55	294,23	16,97
209	3	233,02	602,42	835,44	35,53	412,62	448,15	24,98
210	1	259,31	693,26	952,57	39,51	474,85	514,36	28,95
211	1	138,41	377,39	515,81	22,73	258,49	281,22	16,14
212	3	146,56	313,91	460,46	23,47	215,01	238,48	12,32
213	3	197,22	510,50	707,73	30,60	349,67	380,27	20,89
214	2	121,11	311,29	432,40	20,09	213,21	233,30	12,69
217	2	220,76	473,99	694,75	34,17	324,66	358,83	17,64
218	2	222,90	536,08	758,97	33,70	367,18	400,89	21,81
219	3	73,94	207,35	281,29	13,25	142,02	155,27	8,73
220	2	119,48	309,65	429,12	19,78	212,09	231,87	13,02
221	1	222,67	628,74	851,41	33,90	430,65	464,55	27,61
223	3	59,56	149,19	208,75	12,18	102,19	114,37	5,60
224	1	191,94	555,39	747,33	30,01	380,41	410,42	23,71
225	1	243,36	615,89	859,24	36,76	421,85	458,61	26,00
227	6	52,04	71,81	123,85	10,58	49,19	59,76	3,17
228	6	58,54	149,94	208,48	11,46	102,70	114,16	7,61
229	5	191,89	487,92	679,81	29,51	334,20	363,70	25,65
231	5	88,74	176,22	264,96	15,54	120,70	136,24	9,90
232	6	161,69	438,31	600,01	25,42	300,22	325,64	22,58
233	4	203,97	506,06	710,03	31,14	346,62	377,77	26,22
234	4	130,56	306,24	436,80	21,20	209,76	230,96	15,55
235	5	228,60	504,10	732,70	34,47	345,28	379,75	25,30
236	6	71,09	186,59	257,68	13,15	127,81	140,96	9,62
243	5	60,87	149,14	210,01	11,77	102,16	113,93	7,86
244	4	115,23	331,53	446,76	19,13	227,08	246,21	17,40
246	4	185,85	472,91	658,76	28,69	323,92	352,61	24,64
248	5	126,56	287,67	414,23	20,67	197,04	217,71	15,37
250	5	101,16	261,68	362,84	17,28	179,24	196,52	13,90
251	4	149,65	422,98	572,63	23,92	289,72	313,64	22,28

Tabela 2A - continuação

Animal	Tipo de forragem	CMS conc (g)	CMS for (g)	CMS total (g)	CFDN conc (g)	CFDN for (g)	CFDN total (g)	CLIG (g)
252	6	125,05	342,19	467,24	20,55	234,38	254,94	18,05
253	4	82,48	233,39	315,88	14,77	159,86	174,63	12,33
254	6	125,49	334,85	460,34	20,60	229,35	249,95	17,37
256	9	156,38	443,83	600,21	25,19	304,00	329,19	27,49
257	7	135,85	402,51	538,36	22,40	275,70	298,10	24,17
258	9	155,14	443,34	598,48	24,97	303,66	328,63	27,66
259	7	218,51	602,67	821,17	33,69	412,79	446,48	36,93
260	8	233,55	643,81	877,36	35,87	440,97	476,85	42,29
261	8	211,69	582,44	794,13	32,82	398,94	431,76	38,39
262	7	102,93	298,09	401,01	17,82	204,17	221,99	17,57
263	7	79,03	225,06	304,09	14,41	154,16	168,56	13,60
264	7	229,39	617,12	846,51	35,17	422,69	457,87	37,87
265	7	201,96	576,02	777,97	31,48	394,54	426,02	34,65
266	8	195,41	533,90	729,31	30,53	365,69	396,22	36,70
267	9	111,01	263,88	374,89	18,56	180,74	199,30	17,20
268	8	189,07	540,66	729,73	29,12	370,32	399,45	35,03
272	8	185,60	524,29	709,90	28,65	359,11	387,77	34,00
273	9	178,66	491,10	669,76	27,72	336,38	364,09	30,69
275	9	143,97	398,06	542,03	23,02	272,65	295,67	24,53
278	9	140,50	386,65	527,16	22,55	264,84	287,39	23,85

Tabela 3A - Consumo diário de FDN fisicamente efetiva de concentrado (CFDN_{fe} conc), de FDN fisicamente efetiva de forragem (CFDN_{fe} for), de FDN fisicamente efetiva total (CFDN_{fe} total), de FDN fisicamente não efetiva (CFDN_{nfe}), de partículas fisicamente efetivas de concentrado (CMS_{ef} conc), de partículas fisicamente efetivas de forragem (CMS_{fe} for), e total de partículas fisicamente efetivas (CMS_{ef} total)

Animais	Tipo	CFDN _{fe}	CFDN _{fe}	CFDN _{fe}	CFDN _{nfe}	CMS _{fe}	CMS _{fe}	CMS _{fe}
	de feno	conc (g)	for (g)	total (g)	(g)	conc (g)	for (g)	total (g)
183	2	3,28	148,34	151,61	194,56	20,76	315,19	335,95
205	3	1,35	119,72	121,08	31,53	10,16	137,54	147,70
206	2	1,57	53,88	55,45	139,68	11,51	177,94	189,44
207	1	1,67	124,18	125,86	168,37	11,91	275,88	287,78
209	3	4,15	377,55	381,70	66,45	25,37	410,14	435,51
210	1	4,62	217,44	222,06	292,30	28,21	471,98	500,20
211	1	2,46	111,20	113,67	167,55	16,23	256,94	273,17
212	3	2,61	195,15	197,76	40,71	16,76	213,71	230,47
213	3	3,51	315,85	319,36	60,90	21,85	347,56	369,41
214	2	2,16	87,01	89,17	144,13	14,35	211,93	226,27
217	2	3,93	125,36	129,29	229,54	24,40	322,70	347,10
218	2	3,97	151,58	155,55	245,34	24,07	364,97	389,04
219	3	1,32	127,12	128,44	26,83	9,46	141,17	150,63
220	2	2,13	100,67	102,79	129,08	14,12	210,81	224,94
221	1	3,96	187,45	191,42	273,14	24,21	428,06	452,26
223	3	1,06	91,60	92,66	21,71	8,70	101,57	110,27
224	1	3,42	174,72	178,14	232,27	21,43	378,12	399,54
225	1	4,33	188,50	192,83	265,77	26,25	419,30	445,55
227	6	0,93	53,94	54,87	4,89	7,55	48,89	56,44
228	6	1,04	106,32	107,36	6,79	8,18	102,08	110,26
229	5	3,42	236,04	239,46	124,24	21,07	332,18	353,25
231	5	1,58	85,95	87,53	48,71	11,10	119,97	131,07
232	6	2,88	304,49	307,37	18,27	18,15	298,41	316,56
233	4	3,63	198,46	202,09	175,68	22,24	344,53	366,77
234	4	2,32	115,09	117,42	113,54	15,14	208,49	223,63
235	5	4,07	238,33	242,40	137,36	24,62	343,20	367,82
236	6	1,27	129,79	131,06	9,91	9,39	127,04	136,43
243	5	1,08	75,11	76,19	37,74	8,40	101,54	109,94
244	4	2,05	117,80	119,85	126,36	13,66	225,71	239,37
246	4	3,31	175,55	178,86	173,75	20,48	321,97	342,45
248	5	2,25	136,51	138,77	78,94	14,76	195,85	210,61
250	5	1,80	121,10	122,91	73,61	12,34	178,16	190,50
251	4	2,66	150,37	153,04	160,60	17,08	287,97	305,05

Tabela 3A - continuação

Animais	Tipo	CFDN _{fe}	CFDN _{fe}	CFDN _{fe}	CFDN _{nfe}	CMS _{fe}	CMS _{fe}	CMS _{fe}
	de feno	conc (g)	for (g)	total (g)	(g)	conc (g)	for (g)	total (g)
252	6	2,23	239,01	241,23	13,70	14,68	232,97	247,64
253	4	1,47	82,98	84,45	90,18	10,55	158,90	169,44
254	6	2,23	236,11	238,34	11,61	14,71	227,97	242,68
256	9	2,78	266,84	269,62	59,57	17,99	302,17	320,16
257	7	2,42	109,61	112,03	186,07	15,99	274,04	290,03
258	9	2,76	275,95	278,71	49,92	17,83	301,83	319,66
259	7	3,89	170,99	174,89	271,60	24,06	410,30	434,36
260	8	4,16	269,44	273,60	203,25	25,61	438,32	463,93
261	8	3,77	252,49	256,26	175,50	23,44	396,53	419,97
262	7	1,83	81,50	83,33	138,65	12,72	202,94	215,66
263	7	1,41	64,16	65,57	103,00	10,29	153,23	163,51
264	7	4,08	178,25	182,34	275,53	25,12	420,15	445,26
265	7	3,60	160,90	164,50	261,52	22,48	392,16	414,64
266	8	3,48	216,46	219,94	176,28	21,80	363,49	385,29
267	9	1,98	169,26	171,24	28,06	13,25	179,65	192,90
268	8	3,37	225,08	228,45	171,00	20,80	368,09	388,88
272	8	3,30	215,64	218,95	168,82	20,46	356,95	377,41
273	9	3,18	302,11	305,29	58,80	19,79	334,35	354,14
275	9	2,56	242,55	245,11	50,55	16,44	271,01	287,44
278	9	2,50	236,71	239,21	48,17	16,10	263,24	279,34

Tabela 4A - Quantidade de conteúdo ruminal fresco (CRF), matéria seca (MS), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), lignina em detergente ácido, e de cinzas, no conteúdo ruminal, e porcentagem de partículas maiores e menores do que 1,19 mm no conteúdo ruminal

Animal	Tipo de feno	CRF (g)	MS (g)	FDN (g)	FDA (g)	Lignina (g)	Cinzas (g)	Tamanho de partícula	
								>1,19 mm (%)	<1,19 mm (%)
183	2	6760	970,0	532,1	297,39	66,26	9,18	57,06	42,94
205	3	4849	338,7	176,1	100,57	22,30	4,47	60,57	39,43
206	2	4815	485,2	250,6	146,73	31,59	5,19	63,41	36,59
207	1	4350	512,9	268,2	150,44	27,30	3,41	54,49	45,51
209	3	6905	761,9	386,0	209,92	35,15	4,06	63,34	36,66
210	1	6185	638,8	346,3	195,83	35,50	4,99	57,34	42,66
211	1	6255	788,2	416,9	244,86	44,36	3,99	62,40	37,60
212	3	4390	495,4	259,9	147,15	26,42	2,94	58,32	41,68
213	3	5635	764,2	359,7	224,67	40,22	4,30	51,26	48,74
214	2	4120	478,0	256,8	149,43	31,57	3,92	64,53	35,47
217	2	6229	843,0	431,1	236,11	38,32	4,55	56,36	43,64
218	2	6215	732,8	376,5	215,87	44,46	6,52	46,83	53,17
219	3	4642	296,5	134,3	74,23	15,53	1,83	64,31	35,69
220	2	4222	349,4	173,0	91,93	15,64	2,19	49,47	50,53
221	1	6875	867,5	471,1	268,39	53,69	6,81	45,91	54,09
223	3	4006	170,1	73,0	44,28	8,04	1,69	67,30	32,70
224	1	7705	938,1	488,2	271,14	46,94	6,79	58,03	41,97
225	1	5675	632,9	299,4	168,48	28,15	5,38	55,12	44,88
227	6	2330	198,2	103,8	68,56	19,16	3,34	38,82	61,18
228	6	2075	217,6	122,3	78,24	14,70	2,99	41,29	58,71
229	5	6705	767,9	397,8	253,13	50,31	9,47	47,87	52,13
231	5	4160	309,9	144,2	91,48	18,63	5,11	49,22	50,78
232	6	6965	665,6	319,3	197,56	40,78	9,45	63,85	36,15
233	4	5145	536,0	278,1	163,14	28,85	6,20	45,23	54,77
234	4	4625	546,5	279,7	171,71	30,96	6,57	55,59	44,41
235	5	6544	781,4	376,1	219,34	40,91	11,22	48,57	51,43
236	6	3630	372,9	187,8	116,50	26,39	2,42	52,29	47,71
243	5	3230	189,5	93,2	54,06	13,30	1,45	38,05	61,95
244	4	4560	369,9	149,3	93,03	21,56	2,60	45,00	55,00
246	4	6790	802,6	440,4	252,30	49,27	2,24	45,83	54,17
248	5	6370	608,9	325,4	197,90	39,70	3,23	63,03	36,97
250	5	4920	413,7	220,4	139,79	27,36	1,62	47,23	52,77
251	4	8090	915,4	458,7	269,29	58,31	5,55	49,59	50,41

Tabela 4A - continuação

Animal	Tipo de feno	CRF (g)	MS (g)	FDN (g)	FDA (g)	Lignina (g)	Cinzas (g)	Tamanho de partículas	
								>1,19 mm %	<1,19m m %
252	6	5355	435,4	228,3	134,36	30,68	0,61	41,41	58,59
253	4	3550	292,4	150,9	92,82	18,94	1,84	51,91	48,09
254	6	5370	538,6	282,0	179,42	36,17	1,43	55,11	44,89
256	9	4900	425,5	205,2	124,53	27,14	2,42	45,90	54,10
257	7	6435	672,4	364,3	214,63	45,89	1,56	51,90	48,10
258	9	6315	587,9	319,3	195,20	40,22	1,42	47,59	52,41
259	7	6695	779,7	418,1	237,41	44,78	1,43	44,84	55,16
260	8	7315	660,9	316,6	191,39	42,64	3,26	48,10	51,90
261	8	7995	773,3	389,3	219,18	39,68	2,18	53,11	46,89
262	7	5270	399,9	220,1	125,44	23,56	1,16	52,31	47,69
263	7	4695	331,4	148,3	84,37	19,31	1,79	47,73	52,27
264	7	6320	734,3	380,0	222,18	45,46	0,34	45,72	54,28
265	7	8290	1157,7	614,3	367,87	72,97	3,13	46,10	53,90
266	8	4885	489,0	207,4	114,84	27,21	1,11	33,74	66,26
267	9	4465	520,0	256,1	147,44	27,92	1,47	57,02	42,98
268	8	6110	557,3	276,4	165,47	34,92	1,91	46,80	53,20
272	8	6645	894,6	505,5	300,78	62,94	3,81	57,29	42,71
273	9	5870	594,3	335,9	193,31	43,89	2,31	54,67	45,33
275	9	5495	546,1	293,0	175,08	45,39	3,85	60,84	39,16
278	9	6170	684,8	369,7	222,45	51,93	4,27	63,13	36,87

Tabela 5A – Perfil granulométrico dos fenos de coast-cross, em combinações de qualidade e tamanhos de partículas, e do concentrado, expresso em percentual retido por peneira

Qualidade	Tamanho de partícula	>4,76	>2,38	>1,19	>1,00	>0,71	>0,297	<0,297
		mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
alta	pequeno	10,93	17,31	36,81	2,31	8,75	17,11	6,79
	médio	38,68	10,43	18,97	6,06	6,14	14,27	5,45
	grande	72,44	7,46	13,31	2,12	2,11	2,09	0,46
média	pequeno	29,63	11,55	28,61	4,28	7,29	11,91	6,73
	médio	52,75	8,62	18,32	3,69	5,14	7,93	3,55
	grande	86,06	5,25	5,22	0,83	0,77	0,93	0,94
baixa	pequeno	8,48	15,37	39,04	6,51	10,43	15,66	4,51
	médio	52,44	8,02	16,08	4,27	6,16	9,23	3,80
	grande	67,33	11,90	13,73	2,38	2,27	2,03	0,37
concentrado		0,00	0,39	10,89	8,90	19,19	34,78	25,86

Tabela 6A – Perfil granulométrico estimado das partículas ingeridas, expresso como valores de massa de partículas retidas em cada peneira

Animal	Feno usado	Partículas retidas por peneira (g)								Somatório de partícula (g)		Total
		4,76 mm	2,38 mm	1,19 mm	1,00 mm	0,71 mm	0,297 mm	< 0,297 mm	> 1,19 mm	< 1,19 mm		
183	1	1280	351	642	234	177	526	215	2274	1151	3425	
205	1	1003	97	214	40	49	60	27	1315	176	1490	
206	1	759	199	220	152	105	328	154	1178	739	1918	
207	1	350	549	1118	80	185	469	180	2017	914	2930	
209	1	3297	287	493	111	98	112	51	4077	373	4450	
210	1	560	893	1916	137	420	871	314	3370	1743	5112	
211	2	272	453	1021	74	259	499	203	1746	1034	2780	
212	2	1819	82	214	62	52	75	40	2114	230	2344	
213	2	2780	190	451	95	80	119	56	3421	350	3771	
214	2	756	211	454	157	172	388	162	1421	880	2300	
217	2	1218	306	694	265	231	585	240	2218	1321	3539	
218	2	1310	361	796	282	283	659	285	2468	1508	3975	
219	3	1098	107	172	38	38	49	23	1377	148	1525	
220	3	907	238	381	151	136	331	144	1525	762	2287	
221	3	482	768	1658	123	424	822	347	2908	1715	4624	
223	3	836	53	103	25	29	39	18	992	112	1104	
224	3	459	726	1528	108	332	671	256	2712	1367	4080	
225	3	509	777	1691	126	392	759	300	2977	1577	4555	
227	4	523	0	01	3	5	11	14	522	33	555	
228	4	993	34	24	10	8	18	21	1051	57	1108	
229	4	2029	319	559	154	140	271	135	2907	700	3607	
231	4	789	90	195	61	47	86	53	1074	248	1322	
232	4	2756	153	136	35	32	57	60	3044	185	3230	
233	4	2966	293	486	78	17	1	59	3745	2	3746	
234	5	1857	163	232	58	1	12	22	2251	23	2274	
235	5	2105	239	657	169	160	271	157	3000	757	3757	
236	5	1199	47	48	16	13	26	28	1295	82	1377	
243	5	655	104	163	48	32	68	35	922	183	1105	
244	5	1699	175	320	59	68	80	33	2195	241	2436	
246	5	2648	249	442	86	58	33	20	3339	157	3496	
248	6	1112	182	387	88	101	183	88	1681	459	2140	
250	6	993	157	356	80	103	164	81	1505	428	1933	
251	6	2183	224	408	76	85	97	38	2814	296	3111	

Tabela 6A – continuação

Animal	Feno usado	Partículas retidas por peneira (g)							Somatório partícula (g)		de Total
		4,76 mm	2,38 mm	1,19 mm	1,00 mm	0,71 mm	0,297 mm	< 0,297 mm	> 1,19 mm	< 1,19 mm	
252	6	2176	124	90	28	19	41	43	2390	130	2520
253	6	1209	121	221	41	47	53	24	1551	165	1716
254	6	2168	110	71	28	16	36	39	2350	120	2469
256	7	2088	372	445	88	101	118	52	2905	358	3263
257	7	239	434	1115	195	320	488	162	1788	1165	2953
258	7	2198	375	418	87	58	84	37	2992	267	3259
259	7	385	693	1741	297	438	686	198	2818	1619	4437
260	7	2459	344	749	226	279	477	206	3552	1189	4740
261	7	2271	345	687	197	205	409	175	3303	986	4289
262	8	178	323	829	145	237	359	119	1330	860	2190
263	8	140	255	652	113	169	258	67	1047	607	1654
264	8	410	724	1807	306	401	711	189	2942	1607	4549
265	8	352	638	1637	284	447	677	198	2627	1607	4234
266	8	2029	286	604	191	236	400	186	2919	1014	3933
267	9	1424	200	191	52	22	45	25	1815	143	1958
268	9	2024	307	620	181	257	399	185	2951	1022	3974
272	9	1927	294	614	177	256	402	185	2836	1020	3856
273	9	2395	420	459	97	86	108	50	3274	342	3616
275	9	1898	334	402	82	77	95	42	2634	296	2930
278	9	1876	323	371	76	71	89	41	2570	277	2847