

**INGESTÃO DE PROTEÍNA PARA CORDEIROS
DA RAÇA SANTA INÊS: DIGESTIBILIDADE E
DESEMPENHO**

GUILHERME BENKO DE SIQUEIRA

2009

GUILHERME BENKO DE SIQUEIRA

**INGESTÃO DE PROTEÍNA PARA CORDEIROS DA RAÇA SANTA
INÊS: DIGESTIBILIDADE E DESEMPENHO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Curso de Doutorado em Zootecnia, área de concentração em Produção Animal, para Obtenção do Título de “Doutor”.

Orientador:

Prof. Dr. Juan Ramón Olalquiaga Pérez

LAVRAS
MINAS GERAIS – BRASIL
2009

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca Central da UFLA**

Siqueira, Guilherme Benko de.

Ingestão de Proteína para cordeiros da Raça Santa Inês:
digestibilidade e desempenho / Guilherme Benko de Siqueira. –
Lavras : UFLA, 2009.

95 p. : il.

Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Lavras, 2009.

Orientador: Juan Ramón Olalquiaga Pérez.

Bibliografia.

1. Proteína degradável. 2. Digestibilidade. 3. Ovinos. 4. Balanço
de nitrogênio. 5. Ganho de peso. I. Universidade Federal de Lavras. II.
Título.

CDD – 636.3085

GUILHERME BENKO DE SIQUEIRA

**INGESTÃO DE PROTEÍNA PARA CORDEIROS DA RAÇA SANTA
INÊS: DIGESTIBILIDADE E DESEMPENHO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Curso de Doutorado em Zootecnia, área de concentração em Produção Animal, para Obtenção do Título de “Doutor”.

APROVADA em 9 de fevereiro de 2009

Prof. Dr. Joel Augusto Muniz	UFLA
Prof. Dr. Paulo César de Aguiar Paiva	UFLA
Prof. Dr. Márcio Machado Ladeira	UFLA
Prof. ^a . Dr. ^a . Iraídes Ferreira Furusho Garcia	UFVJM

Prof. Dr. Juan Ramón Olalquiaga Pérez
UFLA
(Orientador)

LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL

“A busca da verdade requer mais do que imaginação, requer a produção e a definitiva eliminação de possibilidades alternativas até que, idealmente, reste apenas uma, e também uma prontidão habitual para atacar as próprias convicções. Esse é o único modo de se chegar a crença real.”

(Thomas Nagel)

“Visão a partir de lugar nenhum”

A Deus, a minha esposa
Flávia, as minhas filhas Júlia
e Mel e aos meus Pais.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus pela oportunidade concedida em minha vida, fortalecendo minha fé, entusiasmo e alegria;

À minha esposa, Flávia, e minhas filhas Júlia e Mel pelo apoio, compreensão e força, sem as quais não seria possível realizar este curso;

Aos meus pais, Sr. José Guilherme e D.Vera Helena, pelo apoio incondicional em todos os momentos de minha vida, e à minha irmã Fernanda, cunhados pela torcida;

Ao Prof. Juan Ramón Olalquiaga Pérez pela oportunidade, apoio e amizade e, acima de tudo, pela orientação e motivação no desenvolvimento deste trabalho;

À Coordenação do Programa de Pós-graduação do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Lavras, nas Pessoas dos Professores Paulo Borges, Elias Fialho e Priscila, pela oportunidade e apoio na realização deste curso;

À Universidade Federal do Tocantins e à CAPES pela concessão de bolsa de estudo;

Aos Professores Dr. Antônio Ricardo Evangelista, Dr. Paulo César de Aguiar Paiva e Dr. Joel Augusto Muniz pela contribuições prestadas a este trabalho e à minha formação;

Ao Pesquisador Dr. Pedro Braga Arcuri pelas contribuições trazidas a este trabalho;

Ao Prof. Dr. Pedro de Andrade por ter sido em minha vida profissional um “divisor de águas”, muito obrigado;

Ao Prof. Dr. Luís Orlindo Tedeschi pelo apoio e concessão dos softwares CNCPS-Sheep (2004) e SRNV v 1.8.1 (2005) e aos pesquisadores e Instituições de Ensino e Pesquisa que fazem parte de seu grupo de trabalho;

Aos funcionários do Departamento de Zootecnia Keila, Carlos e Pedro Adão (Secretarias); Batista, Delson e Ednaldo (Setor de Ovinocultura). A todos vocês, obrigado;

Aos meus amigos e parceiros, sempre dedicados ao desenvolvimento e condução deste trabalho, Dr. Flávio Salvador, Fábio Arantes (Fabão), Rafael Fernandes, André Morais; Adriano Costa e Cristine, e a todos os demais que contribuíram para a condução deste trabalho;

Aos companheiros do GAO pela ajuda, incentivo e convívio alegre que tivemos;

À Zootecnista Delmira Adelaide Dias pelo apoio incondicional, cumplicidade, dedicação e auxílio prestados não apenas neste trabalho, “NÃO ENCONTRO PALAVRAS PARA AGRADECER E EXPRESSAR O VALOR DE SUA PARTICIPAÇÃO!”

À Fazenda Ouvidor pelo apoio logístico e estratégico necessários para viabilizar a condução deste curso;

Por fim, a todas as pessoas que direta ou indiretamente contribuíram para que esta conquista fosse sido alcançada;

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE ABREVIATURAS	i
LISTA DE TABELAS	iv
RESUMO	vi
ABSTRACT	vii
1 INTRODUÇÃO	1
2 REFERENCIAL TEÓRICO	4
2.1 Formas de expressar a ingestão de nutrientes	4
2.2 Os sistemas de alimentação de ruminantes	5
2.2.1 Os sistemas Britânicos ARC e AFRC	6
2.2.2 O sistema CNCPS	10
2.3 CNCPS – Fermentação ruminal e crescimento microbiano	12
2.4 Consumo voluntário e microbiota ruminal	14
2.5 Nutrição e alimentação dos ruminantes	19
2.5.1 Dieta balanceada para energia e proteína – aspectos fisiológicos	20
2.5.2 Dieta desbalanceada com excesso de carboidratos não fibrosos (CNF) – aspectos fisiológicos	25
2.5.3 Dieta desbalanceada com excesso de carboidrato fibroso (CF) – aspectos fisiológicos	27
2.6 Considerações sobre o não atendimento das demandas de PDR para otimização da síntese de proteína microbiana ruminal	29
3 MATERIAL E MÉTODOS	32
3.1 Ensaio de digestibilidade e balanço nitrogenado	32
3.1.1 Local, instalações e período de realização	32
3.1.2 Animais e alimentos	33
3.1.3 Elaboração das rações e manejo alimentar	35
3.1.4 Tratamentos	36
3.1.5 Coleta de alimentos, sobras, fezes e urina	41
3.1.6 Análises bromatológicas	41
3.1.7 Cálculos da digestibilidade e do balanço nitrogenado	42
3.1.8 Delineamento, modelo experimental e análises estatísticas	43
3.2 Ensaio de desempenho	44
3.2.1 Local, instalações e período de realização	44

3.2.2 Animais e alimentos.....	44
3.2.3 Elaboração das rações e manejo alimentar	45
3.2.4 Tratamentos	46
3.2.5 Coleta de alimentos e sobras.....	50
3.2.6 Análises bromatológicas	50
3.2.7 Delineamento, modelo experimental e análises estatísticas.....	50
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	52
4.1 Ensaio de Digestibilidade e Balanço Nitrogenado.....	52
4.1.1 Ensaio de Digestibilidade	52
4.1.2 Ensaio balanço nitrogenado	59
4.2 Ensaio de desempenho.....	66
4.2.1 Consumo de matéria seca	66
4.2.2 Ganho de peso e conversão alimentar.....	69
5 CONCLUSÕES	72
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	73
ANEXOS	82

LISTA DE ABREVIATURAS

%	Porcentagem
[EE]	Concentração de extrato etéreo, g/kg de matéria seca.
[EM]	Concentração de energia metabolizável, MJ ou Mcal/ kg de matéria seca.
[EM _{fe}]	Concentração de energia metabolizável fermentável, MJ ou Mcal/kg.
°C	graus Celsius.
AFRC	Agricultural and Food Research Council.
ARC	Agricultural Research Council.
CA	Conversão alimentar.
CF	Carboidratos fibrosos.
Cm	Centímetros.
CNCPS	Cornell Net Carbohydrate and Protein System
CNF	Carboidratos não fibrosos.
Coast-cross ^{A-FDA}	Designação utilizada neste trabalho para o Feno de Coast-cross com maior concentração de FDA
Coast-cross ^{B-FDA}	Designação utilizada neste trabalho para o Feno de Coast-cross com menor concentração de FDA.
CSIRO	Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization
CV	Coefficiente de variação, %.
D _{ap} FDA	Digestibilidade aparente da fibra insolúvel em detergente ácido
D _{ap} FDN	Digestibilidade da fibra insolúvel em detergente neutro.
D _{ap} MS	Digestibilidade aparente da matéria seca.
D _{ap} PB	Digestibilidade aparente da proteína bruta.
D _{ap} EE	Digestibilidade aparente do extrato etéreo.
ED	Energia digestível.
Eg	Densidade energética do ganho de peso, MJ ou Mcal/kg.
EL _g	Exigência de energia líquida de ganho, MJ ou Mcal/dia.

EL _L	Exigência de energia líquida de lactação, MJ ou Mcal/dia.
EL _m	Exigência de energia líquida de manutenção, MJ ou Mcal/dia.
EM	Energia metabolizável.
EM _{fe}	Energia metabolizável fermentável.
EM _g	Exigência de energia metabolizável para ganho de peso, MJ ou Mcal/dia.
EM _m	Exigência de energia metabolizável para manutenção, MJ ou Mcal/dia.
FDA	Fibra em detergente ácido.
FDN	Fibra em detergente neutro.
G	Gramas.
GMD	Ganho de peso médio diário, kg/dia.
IEM	Ingestão de energia metabolizável, MJ ou Mcal.
IEM _{fe}	Ingestão de energia metabolizável fermentável, MJ ou Mcal.
IMS	Ingestão de matéria seca, kg.
IMSPV ^{0,75}	Ingestão de matéria seca expressa por unidade de peso metabólico.
K	Coefficiente de eficiência de utilização da energia metabolizável.
K _d	Taxa de degradação, %/hora.
K _g	Eficiência de utilização da energia metabolizável para ganho de peso.
k _m	Eficiência de utilização da energia metabolizável para manutenção.
K _m	Metabolismo basal microbiano ruminal (CNCPS), g de carboidrato/g de células/hora.
K _p	Taxa de passagem, %/hora.
L	Nível de produção ou nível de ingestão de energia em relação à exigência de manutenção.
MO	Matéria orgânica.
MOD	Matéria orgânica digestível.
MODR	Matéria orgânica degradável no rúmen.
MS	Matéria seca.

N	Nitrogênio.
NDT	Nutrientes digestíveis totais.
NRC	National Research Council
PB	Proteína bruta.
PDR	Proteína Degradável no rúmen.
PM	Proteína metabolizável.
PNDR	Proteína não degradável no rúmen.
PV	Peso vivo.
$PV^{0,75}$	Peso vivo metabólico.
q	Metabolizabilidade.
qL	Metabolizabilidade em condição de produção animal.
qm	Metabolizabilidade em condição de manutenção.
SRNS	Small Ruminant Nutrition System
UTM	Unidade de tamanho metabólico, mais comumente assumido como: $PV^{0,75}$.
Y	Potencial de crescimento microbiano ruminal.
Y_{PBmic}	Eficiência de crescimento microbiano ruminal.

LISTA DE TABELAS

TABELAS	Página
TABELA 1 Composição bromatológica dos alimentos utilizados na elaboração das rações experimentais do ensaio de digestibilidade, balanço nitrogenado e desempenho.	34
TABELA 2 Tratamentos experimentais e suas respectivas descrições conforme as diferentes combinações dos fatores: Plano Nutricional, Fonte volumosa e Sexo.	38
TABELA 3 Resumo esquemático dos tratamentos experimentais quanto ao aspecto dos balanços de PDR e PM.	39
TABELA 4 Proporção dos ingredientes, composições nutricionais estimadas, consumos preditos da matéria seca e de nutrientes e exigências estimadas de nutrientes nas rações experimentais (valores médios por tratamento) do ensaio de digestibilidade e balanço nitrogenado (em base seca).	40
TABELA 5 Proporção dos ingredientes, composições nutricionais estimadas, consumo predito de matéria seca e de nutrientes e exigências estimadas de nutrientes nas rações experimentais (valores médios por tratamento) do ensaio de desempenho (em base seca).	49
TABELA 6 Consumos médios de matéria seca (g MS/ kg PV ^{0,75}) observados para o ensaio de digestibilidade e balanço nitrogenado.	53
TABELA 7 Digestibilidade aparente média da matéria seca (MS), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), extrato etéreo (EE) e respectivos teores de NDT e concentração de EE na base seca do ensaio de digestibilidade.	55
TABELA 8 Resultados do balanço de nitrogênio verificados para os tratamentos no ensaio de Digestibilidade.	60
TABELA 9 Proporção de N retido em relação ao N ingerido sob a perspectiva do desdobramento da interação Plano Nutricional vs. Volumoso, ensaio balanço nitrogenado.	64

TABELA 10	Proporção de N retido em relação ao N absorvido sob a perspectiva do desdobramento da interação Plano Nutricional vs. Volumoso, ensaio balanço nitrogenado.....	65
TABELA 11	Consumo voluntário de matéria (IMS), ganho médio diário (GMD) e conversão alimentar (C.A.) verificados no ensaio de desempenho.....	67

RESUMO

SIQUEIRA, Guilherme Benko de. **Ingestão de proteína para cordeiros da raça Santa Inês: digestibilidade e desempenho.** 2009. 95p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras – MG (Brasil)¹.

Foram conduzidos dois experimentos para avaliar se o atendimento ou não da demanda de proteína degradável no rúmen (PDR), em condições de atendimento ou superávit de proteína metabolizável (PM), afetam a ingestão de matéria seca, a digestibilidade dos nutrientes e o desempenho de ovinos alimentados com gramínea tropical (*Cynodon*) em estágios diferentes de maturação, de acordo com as recomendações do sistema AFRC. Nos ensaios de digestibilidade e balanço nitrogenado, o delineamento foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2x2x2, sendo dois Planos Nutricionais (PN- A = atendendo PDR e PN- B = restringindo PDR), gramínea tropical (*Cynodon*) com alto FDA e baixo FDA e sexo (machos: 32,4 kg ± 1,67 e fêmeas: 34,1kg ± 3,6). Para o ensaio de desempenho foram utilizados 24 cordeiros (12 machos e 12 fêmeas) com peso médio inicial de 23,9 kg ± 4,86 para machos e 24,5 kg ± 3,75 para fêmeas, seguindo um delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2x2x2 semelhante ao ensaio de digestibilidade. Os tratamentos promoveram diferenças (P<0,05) na ingestão de matéria seca em ambos os ensaios, em favor dos fatores: plano nutricional que atendia a exigência de PDR, machos e gramínea tropical baixo FDA. Entretanto, não foram observadas diferenças (P>0,05) para ganho de peso e conversão alimentar entre os planos nutricionais (PN- A: 232,41 g/dia e PN- B: 201,25 g/dia). Os ganhos de peso e conversão alimentar entre machos e fêmeas foram de 239 e 194 g/dia; 4,34 e 5,14 kg MS/kg ganho para machos e fêmeas, respectivamente. A digestibilidade da matéria seca e da fração fibrosa das dietas foram influenciadas pelo atendimento da PDR. Não foram observadas diferenças (P>0,05) quanto ao N retido/N absorvido entre os Planos Nutricionais. Porém, houve redução da excreção nitrogenada urinária quando a PDR não foi atendida, sendo observada interação entre Plano nutricional e Volumoso para as variáveis N retido/N ingerido e N retido/N absorvido evidenciando o efeito que a digestibilidade da fração fibrosa dietética teve sobre o balanço nitrogenado. A restrição da proteína degradável no rúmen (PDR) em dietas de cordeiros e cordeiras em crescimento não alterou o ganho de peso e diminuiu a excreção nitrogenada urinária.

¹ Comitê Orientador: Juan Ramon Olalquiaga Pérez - UFLA (Orientador), Paulo César de Aguiar Paiva - UFLA, Joel Augusto Muniz - UFLA.

ABSTRACT

SIQUEIRA, Guilherme Benko de. **Protein intake on Santa Inês lambs: digestibility and live weight gain.** 2009. 95p. Thesis (Doctorate in Animal Science) – Federal University of Lavras, Lavras – MG (Brazil)¹.

Two experiments were conducted to evaluate whether the meeting or not of the demand of rumen degradable protein (**RDP**) in association with meeting or surplus conditions of metabolizable protein (**MP**) affected the dry matter intake, digestibility of nutrients and performance in sheep fed tropical Grass in different stages of maturation (*Cynodon* – high and low ADF) according to the recommendations of the AFRC system. In the digestibility and nitrogen balance trial, one group of twelve Santa Inês sheep lambs were utilized in two times, the experimental design was randomized in factorial design 2x2x2, with two Nutritional Plans (PN- A: meeting RDP and PN-B: not meeting RDP), two tropical grass (hay of *Cynodon*) with high and low ADF and sex (males: 32,4 kg ± 1,67 e females: 34,1kg ± 3,6). For the performance trial, 24 lambs of Santa Inês breed, with an average initial weight of 23,9 kg ± 4,86 (male) and 24,5 kg ± 3,75 (female) in a completely randomized design were utilized in the same factorial design. The treatments promoted differences (P<0,05) as regards dry matter intakes in both experiments in favor from the factors: meeting RDP, males lambs and *Cynodon* with low ADF. However, no differences were observed (P>0,05) on weight gain and feed conversion in the two nutritional plans (PN- A: 232,41 g/day e PN- B: 201,25 g/day). The weight gain and feed conversion was 239 e 194 g/day; 4,34 e 5,14 kg DM/kg weight gain for males and females, respectively. The digestibility of dry matter and fibrous fractions were affected by the distinct balance conditions between the nutritional plans of RDP. But there weren't observed differences (P>0,05) in nitrogen retention when expressed like N retained/N absorbed between the both nutritional plans. There was a significant reduction in urinary nitrogen excretion when RDP was restricted in the diet, However, could be observed interactions (roughage vs. nutritional plane) on N retained/ N absorbed showing the effect of fiber dietary digestibility. The restriction of rumen degradable protein (RDP) in sheep growing lambs, did not changes the weight gains and depress the nitrogen urinary excretion.

¹ Guidance Committee: Juan Ramon Olalquiaga Pérez - UFLA (Adviser), Paulo César de Aguiar Paiva - UFLA, Joel Augusto Muniz - UFLA.

1 INTRODUÇÃO

O incremento na capacidade produtiva dos ruminantes, obtido de forma geral por seleção e/ou cruzamentos, trouxe alterações marcantes na capacidade que o rúmen tem de atender as exigências nutricionais dos animais.

Avanços expressivos na capacidade produtiva de algumas espécies fizeram com que vários sistemas de alimentação para ruminantes fossem propostos, visando aperfeiçoar o aproveitamento dos alimentos, atendendo o desempenho animal.

Neste sentido, muitos pesquisadores propuseram profundas modificações nos sistemas de alimentação que apesar de terem seguido caminhos diferentes, passaram a ter como filosofia comum a separação dos requerimentos da microbiota ruminal e dos animais. O princípio básico foi atender à exigência de nitrogênio dos microorganismos, maximizando seu crescimento e, posteriormente, quantificar o aporte de nutrientes disponíveis para ser digerido, absorvido e utilizado pelo animal.

Porém, a maior dificuldade estava em entender e desenvolver modelos adequados para descrever o relacionamento entre a composição bromatológica dos alimentos e a predição do desempenho da microbiota e do animal (Van Soest & Fox, 1992). Para tanto, uma grande compilação de dados experimentais foi realizada a fim de prever e correlacionar o comportamento de diversas variáveis de interesse, como por exemplo, o peso vivo, o consumo, a densidade energética da dieta e o desempenho animal. Desta forma, os diversos Sistemas de Alimentação de Ruminantes como Agricultural Research Council-ARC (1980), Agricultural and Food Research Council -AFRC (1993), National Research Council - NRC (1996), NRC (2001), Cornell Net Carbohydrate and Protein System -CNCPS (1991), CNCPS para ovinos (2004) e SRNS v.1.8.1,

2005 (estes dois últimos elaborados a partir de Cannas et al., 2004), como tantos outros foram desenvolvidos.

Estes modelos descritos por diversos sistemas internacionais de alimentação de ruminantes estrangeiros têm sido amplamente utilizados no Brasil. No entanto, para uma adequada aplicação em condições de Brasil, diversos parâmetros deverão ser redefinidos, tendo em vista as marcantes diferenças genéticas, ambientais e alimentares existentes entre este país e os demais tomados como modelos.

A partir dos diversos sistemas de alimentação de ruminantes várias proposições surgiram no sentido de melhorar a forma de avaliação dos nutrientes. A proteína bruta, bem como os carboidratos utilizados na alimentação dos ruminantes, devem ser fracionados para sua adequada caracterização. Este fracionamento é essencial para entender o funcionamento dos sistemas nutricionais denominados de dinâmicos (Sniffen et al., 1992). Tais sistemas idealizaram o perfeito sincronismo entre a digestão ruminal de proteínas e a de carboidratos. De forma teórica, visam obter o ótimo desempenho da microbiota ruminal, reduzindo as perdas nitrogenadas ruminais, além de reduzir a emissão de metano e estimar o escape ruminal de nutrientes (Malafaia, 1997).

A premissa de otimizar o crescimento microbiano ruminal condicionará, em grande parte das situações dietéticas, sobre de proteína metabolizável em relação à respectiva exigência animal, segundo os modelos de equilíbrio entre energia e proteína no rúmen propostos pelos sistemas de alimentação de ruminantes já mencionados. Logicamente, esta sobre de proteína metabolizável será dependente e influenciada por variáveis como peso vivo, ganho de peso e consumo. Por este motivo é que Tedeschi et al. (2000) apresentaram, o sistema ruminal como uma entidade que opera de forma energeticamente limitada e com excesso de nitrogênio (quando otimizado). Além disso, os modelos de

alimentação quantificam esta sobra de proteína metabolizável como custo energético para sua metabolização (síntese e excreção da uréia).

Uma forma de diminuir a sobra de proteína metabolizável em relação à exigência animal seria limitar o crescimento microbiano ruminal pela redução da proteína degradável no rúmen, sob pena de deprimir a digestibilidade dietética, principalmente da fração fibrosa da dieta (NRC 1996; CNCPS, 2004; AFRC, 1993; SRNS v.1.8.1).

Neste sentido, objetiva-se com este trabalho investigar a escala em que a restrição da proteína dietética, obtido pela restrição da proteína degradável no rúmen, poderá exercer sobre os parâmetros de digestibilidade, balanço nitrogenado e do desempenho de ovinos da raça Santa Inês, além de quantificar o impacto relativo desta restrição sobre o balanço energético da dieta.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Formas de expressar a ingestão de nutrientes

Em geral, a ingestão de matéria seca eleva-se com o aumento do peso vivo do animal. Assim, algumas variações podem ser removidas, expressando-se a ingestão como uma taxa do peso animal.

Tradicionalmente, pesquisadores americanos expressam a ingestão de MS como porcentagem do peso vivo (% PV). No entanto, pesquisadores europeus expressam a ingestão por unidade de tamanho metabólico (UTM), a qual equivale ao $PV^{0,73}$ (Brody, 1945) ou $PV^{0,75}$ (Kleiber, 1975).

Dentro de uma mesma espécie, o nível de ingestão pode ser relacionado ao peso metabólico, como observado por Blaxter et al. (1961), citados por Forbes (1995), porém há um expoente maior em dietas de pior qualidade.

Waldo (1970) postulou que o uso da unidade de tamanho metabólico (UTM) é muito eficaz para expressar a ingestão, pois é uma forma de expressar o metabolismo de energia como uma base de expressão do requerimento de manutenção. Assim, a expressão da ingestão em uma mesma base (UTM) provém de uma simples medida de ingestão como um múltiplo da manutenção.

Kleiber (1975) postulou que os animais consomem energia em proporção ao tamanho do corpo metabólico. Contrariamente, Van Soest (1982), a partir de observações em espécies herbívoras, propôs que a ingestão é proporcional ao PV, desenvolvendo esse conceito a partir da relação entre conteúdo estomacal e PV. No entanto, Kleiber (1975) assumiu que a ingestão poderia ser relacionada ao peso metabólico em virtude do requerimento de energia estar relacionado a este, para animais alimentados com dietas ricas em energia.

2.2 Os sistemas de alimentação de ruminantes

Grandes avanços na compreensão dos mecanismos regulatórios entre resposta animal e alterações dietéticas foram alcançados por diferentes Sistemas de Alimentação de Ruminantes, permitindo ajustes dietéticos que otimizem, além do consumo voluntário, o balanceamento dos ingredientes das dietas. Tais conhecimentos permitiram o desenvolvimento de modelos matemáticos que pudessem representar os diferentes fenômenos inerentes à nutrição dos ruminantes.

Os modelos matemáticos podem ser utilizados para melhorar a desempenho, reduzir os custos de produção e minimizar a excreção de nutrientes através de melhores estimativas da exigência e utilização de alimentos em vários cenários produtivos. No entanto, um dos maiores problemas na construção de modelos matemáticos é o nível de agregação das equações. Os passos mais importantes são o estabelecimento do propósito do modelo; a determinação da melhor combinação de equações empíricas e teóricas para representar as funções fisiológicas devido à disponibilidade de um banco de dados e informações tipicamente encontradas no campo; além dos benefícios e risco associados com o uso do modelo na produção animal (Tedeschi et al., 2005).

Segundo Russell (1992), considerável desenvolvimento dos conceitos ligados à alimentação dos ruminantes têm sido alcançados. Este progresso tem se baseado em aproximações empíricas que tratavam o rúmen como uma “*caixa preta*”. No entanto, frente ao expressivo progresso na nutrição dos ruminantes, este autor salienta que, como em outras áreas científicas, a experiência tem mostrado que o conhecimento mecanicista é necessário para sustentar seu desenvolvimento. Desta forma, o conhecimento de detalhes sobre a fermentação ruminal deve ser considerado.

2.2.1 Os sistemas Britânicos ARC e AFRC

Os sistemas de nutrição e alimentação de ruminantes de origem britânica (ARC, 1980 e AFRC, 1993) trouxeram relevantes contribuições sobre a utilização dos nutrientes por estes animais. O conceito de energia metabolizável assumido pelo ARC (1980) tem como base a relação entre o consumo de energia metabolizável (nos alimentos ou ração) e a retenção da energia líquida nos produtos e no metabolismo animal.

A ingestão de energia metabolizável refere-se à energia bruta ingerida menos a energia bruta contida nas fezes, urina e gases de combustão (majoritariamente metano). Especificamente no que diz respeito ao seu aproveitamento, o ARC (1980) estabeleceu o conceito da metabolizabilidade (**q**), definida como a razão entre a energia metabolizável do alimento por sua energia bruta total.

A metabolizabilidade à manutenção é simbolizada por **qm** e, em qualquer outro nível de alimentação, **qL**. A eficiência de utilização da energia metabolizável (simbolizada por **k**) é definida como o aumento de sua retenção que ocorre por unidade de incremento oferecido. Por isso, manifesta estreita relação com a metabolizabilidade energética dos alimentos.

Assim, a eficiência de utilização da energia metabolizável foi, então, apresentada como função linear de sua metabolizabilidade, sendo específica quanto à função fisiológica de interesse (manutenção, ganho de peso corporal, lactação, etc.).

Por convenção, os sistemas de alimentação consideram que quando a retenção de energia corporal é zero, diz-se que o animal está em manutenção, ou seja, consome e dissipa energia para a manutenção dos processos vitais e metabólicos básicos. Já a retenção de energia refere-se à taxa de deposição energética corporal, que pode ser obviamente negativa quando o nível de ingestão energética está abaixo da manutenção. Assim, considerando que a energia

metabolizável de cada alimento possui uma metabolizabilidade que lhe é peculiar e a eficiência com que é utilizada é variável em função do objetivo de seu uso, torna-se imperativo que, para se estimarem as exigências de energia metabolizável de manutenção e o ganho de peso é necessário, primeiramente, estimar a exigência líquida de energia para manutenção e para ganho, respectivamente.

O ARC (1980) relacionou, ainda, a quantidade de energia provinda do alimento consumido com a exigência energética dos animais, aferindo quantas vezes a energia exigida para manutenção é ingerida, e a este valor foi dado o nome de nível de produção, representado por **L**. O sistema AFRC (1993) também assume este postulado. Este valor calculado, enquanto não considerado para o cômputo das demandas energéticas, é levado em conta para o cálculo do potencial de crescimento microbiano ruminal.

A exigência de energia metabolizável para ganho de peso, como o sistema AFRC (1993) o apresenta, é dependente do tamanho do ganho de peso buscado, da composição energética corporal dos animais (**E_g**) e da eficiência de utilização da energia metabolizável para ganho de peso (**k_g**).

A diferença entre a ingestão de energia metabolizável (**IEM**), e a exigência energética de manutenção (**EM_m**), resulta na fração energética disponível para ganho de peso (**EM_g**) que será utilizada com uma eficiência simbolizada por **k_g**. Para o balanceamento de rações, o sistema propõe a seguinte função para o balanço energético:

$$\mathbf{IMS} \times \mathbf{[EM]_{ração}} = \mathbf{EM_m} + \mathbf{EM_g}, \quad \text{em que:}$$

a **IMS** é a ingestão de matéria seca (kg/dia); **[EM]_{ração}** é a concentração de energia metabolizável da ração (MJ/kg MS); **EM_m** é a exigência de energia

metabolizável para manutenção (MJ/dia) e EM_g é a energia metabolizável de ganho de peso (MJ/dia).

Nos sistemas britânicos, a exigência de proteína metabolizável, igualmente ao que se dá no tocante à energia, é resultante do somatório das demandas de manutenção e produção, sendo considerada a parte da demanda para manutenção das perdas derivadas da descamação da pele e do crescimento de lã e pelos.

Para prever a síntese de proteína microbiana, o sistema considera primeiramente o potencial de crescimento microbiano (Y_{PBmic}) possível de ser obtido, sendo este definido como função do nível de ingestão de energia metabolizável, ou melhor, nível de produção (L), conforme a equação:

$$Y_{PBmic} = 7 + 6 \times (1 - e^{(-0,35 \times L)}).$$

Assim, tem-se que o crescimento microbiano (Y) é obtido, segundo o AFRC (1993), a partir de:

$$Y = IEM_{fe} \times Y_{PBmic}, \quad \text{em que:}$$

o (Y_{PBmic}) é o potencial de crescimento microbiano expresso em g PB microbiana/MJ IEM_{fe} ; (L) é o nível de produção (ingestão de EM em relação à exigência de manutenção) e IEM_{fe} representa a ingestão de energia metabolizável fermentável (em MJ/dia).

Para a determinação da IEM_{Fe} , o sistema AFRC (1993) faz o somatório da matéria seca ingerida de cada alimento, multiplicada pela sua respectiva densidade de energia metabolizável fermentável. A determinação da fração fermentável da energia metabolizável, segundo o sistema, desconta a energia contida na fração extrato etéreo no alimento, uma vez que considera que

microrganismo não utiliza óleo como fonte energética. O cálculo ainda desconta 10% da energia metabolizável original para alimentos fermentados e 5% para alimentos destilados. As equações utilizadas são apresentadas a seguir:

$$[EM_{fe}] = [EM] - 0,035 \times [EE]$$

(alimentos não fermentados)

$$[EM_{fe}] = [EM] - 0,035 \times [EE] - \{0,10 \times [EM]\}$$

(para silagens)

$$[EM_{fe}] = [EM] - 0,035 \times [EE] - \{0,05 \times [EM]\}$$

(para produtos de cervejarias e destilarias)

em que:

[EM_{fe}] refere-se à concentração de energia metabolizável fermentável do alimento, expressa geralmente em MJ/kg MS;

[EM] refere-se à concentração de energia metabolizável do alimento, expressa geralmente em MJ/kg MS;

[EE] refere-se à concentração de extrato etéreo do alimento, expressa em g por kg MS

A constante da equação **0,035** refere-se à constante que subtrai o equivalente a 0,035MJ por grama de extrato etéreo contido no alimento, o que equivale a 0,0084 Mcal por grama de extrato etéreo.

A inclusão de proteína dietética se desenvolve em uma segunda etapa do balanceamento, conforme apresentada para ARC (1980) e AFRC (1993). A

partir da definição da concentração energética da dieta, que é função de consumo, peso vivo, composição e intensidade de ganho de peso, busca-se incluir proteína degradável na dieta a fim de atender prioritariamente à demanda de proteína para crescimento microbiano ruminal. Desta forma, a inclusão de uma dada fonte de proteína verdadeira ou de NNP dependerá da escala de crescimento microbiano que o balanço energético da ração permite.

2.2.2 O sistema CNCPS

Na Universidade de Cornell, nos EUA, uma equipe liderada por pesquisadores do departamento de “Animal Science” daquela instituição desenvolveu e documentou um modelo, denominado “The Net Carbohydrate and Protein System for Evaluating Herd Nutrition and Nutrient Excretion”, com os objetivos de melhorar os modelos de predição de reposta animal, bem como otimizar o uso de recursos disponíveis nas propriedades e reduzir os impactos ao meio ambiente, tais como o excesso de excreções do nutriente no solo e na água.

Gill et al. (1989) definiram o modelo CNCPS como um conjunto integrado de equações e coeficientes de transferência que descrevem as várias funções fisiológicas em bovinos, mais recentemente em ovinos (CNCPS-Sheep) e ovinos e caprinos (SRNS – Small ruminant Nutrition System). Estão incluídas as predições dos requerimentos de tecidos (manutenção, crescimento, gestação, lactação e tecidos de reserva) e o suprimento de nutrientes para atender aos requerimentos dos tecidos (consumo de matéria seca, tamanhos dos *pools* das frações de carboidratos e proteínas, suas taxas de digestão e passagem características, crescimento microbiano, digestão intestinal e metabolismo de nutrientes absorvidos).

Com base nestes mesmos autores, o propósito de um modelo é descrever matematicamente a resposta de cada compartimento ou de vários compartimentos associados a uma variável ou combinações de variáveis. Um

modelo é considerado mecanístico quando ele simula o comportamento de uma função por meio de processos que estejam operando em um nível inferior.

As respostas biológicas, na maioria, são integradas, não-lineares e variam no tempo (dinâmicas) (Sauvant, 1991). Um modelo que seja totalmente mecanístico irá simular acuradamente o metabolismo completo do animal sob quaisquer condições, com risco mínimo de uso. Porém, tal modelo está além da capacidade da ciência atual (Gill et al., 1989). Além disso, modelos para formulação de rações são limitados pela qualidade e pela disponibilidade de informações sobre todos os seus compartimentos, assim como pela quantidade de dados e de trabalho necessária para testar e validar as suas funções.

O conhecimento do metabolismo dos nutrientes não é tão avançado quanto a predição da fermentação ruminal devido às quase infinitas vias metabólicas que conectam tecidos e compartimentos metabólicos diferentes, às múltiplas interações entre nutrientes e, ainda, às regulações metabólicas sofisticadas que determinam a partição de nutrientes absorvidos (homeose e homeostase) (Sauvant, 1991). Portanto, o CNCPS utiliza uma combinação de abordagens mecanísticas e empíricas, assume condições de equilíbrio e, ainda, utiliza representações estatísticas de dados, que descrevem a resposta agregada de compartimentos inteiros (Fox & Barry, 1995), e não deve ser classificado como mecanicista apenas como apresentado por Rodrigues & Vieira (2006).

Um desafio-chave na modelagem da nutrição de ruminantes reside na determinação do nível mais apropriado de agregação (isto é, proximidade com o nível celular). O passo mais crítico é descrever o objetivo do modelo e, em seguida, determinar a mistura apropriada de representações empíricas e mecanísticas das funções fisiológicas. Estas decisões são tomadas com base na disponibilidade de dados para o desenvolvimento e validação, se os *inputs* necessários são característicos e estão disponíveis e, ainda, em uma análise de risco-benefício do aumento da sensibilidade.

Duas das mais importantes restrições auto-impostas no desenvolvimento do CNCPS são as de que os *inputs* requeridos pelo modelo sejam rotineiramente disponíveis na maioria das propriedades e as de que os *outputs* do modelo auxiliem os produtores na melhoria de suas estratégias de alimentação.

Desde 1980, submodelos separados, que podem ser classificados pela função fisiológica, têm sido desenvolvidos e refinados: (1) consumo e composição de alimentos; (2) fermentação ruminal; (3) digestão intestinal; (4) metabolismo; (5) manutenção; (6) crescimento; (7) gestação; (8) lactação; (9) reservas e (10) excreção de nutrientes. Informações novas têm sido incorporadas periodicamente a estes submodelos.

A primeira versão do CNCPS foi apresentada em 1991; a versão 2.0, em 1993; a versão 3.0, em 1994; e a versão 4.0, em 2000. Uma versão 5.0 foi apresentada em 2003. E em 2004 foi apresentada a versão para ovinos, o CNCPS-Sheep.

2.3 CNCPS – Fermentação ruminal e crescimento microbiano

O submodelo do rúmen, que prediz a fermentação e a digestão dos alimentos, é de importância central ao CNCPS. A quantidade e a qualidade dos produtos da fermentação são dependentes dos tipos de microrganismos e de suas atividades no rúmen, sendo esse ecossistema bastante diverso. Um melhor entendimento da ecologia microbiana do rúmen é complicado devido às diversas inter-relações entre as populações microbianas, sendo essa complexidade o motivo da descrença de muitos nutricionistas quanto à possibilidade de entender ou descrevê-la em termos quantitativos (Rodrigues & Vieira, 2006).

No CNCPS, o ecossistema ruminal é categorizado em dois grupos distintos, com base na utilização das fontes de energia e carbono, compostos nitrogenados (N) e eficiência de crescimento. Um grupo é constituído por microrganismos que fermentam carboidratos não-fibrosos (CNF) e aqueles que

fermentam carboidratos fibrosos (CF), seguindo, assim, as novas atualizações para categorização dos grupos de carboidratos mais adequada do ponto de vista nutricional.

O primeiro grupo fermenta amido, pectina e açúcares solúveis e apresenta uma exigência de 34% de NH_3 em relação ao nitrogênio total e 66% de aminoácidos e peptídeos, além de crescer rapidamente (CNCPS, 2003). Em contraste, os microrganismos que fermentam carboidratos fibrosos, especificamente a celulose e a hemicelulose, utilizam a amônia como fonte primária de nitrogênio para síntese de proteína e apresentam lento crescimento.

Os microrganismos pertencentes ao grupo que fermenta CF apresentam exigências de manutenção distintas daqueles que usam CNF (0,05 e 0,15 g de carboidrato por grama de microrganismo por hora, respectivamente, segundo o CNCPS). Apesar de uma menor exigência de manutenção pelos microrganismos que utilizam CF, sabe-se que a taxa de crescimento dos microrganismos é diretamente proporcional à taxa de digestão de carboidratos, desde que haja disponibilidade adequada de N (Russell et al., 1992). Essa é a razão para o lento crescimento dos microrganismos que fermentam CF, quando comparados àqueles que utilizam CNF como substrato.

Um dos fatores críticos que afetam o crescimento microbiano é o pH ruminal. O CNCPS utiliza os valores de fibra e de tamanho de partícula dentro de classes de alimentos para descrever suas características físicas, como as relacionadas à efetividade em estimular a mastigação e ruminação, bem como o aumento da motilidade ruminal. Esses valores são expressos como sendo a fibra fisicamente efetiva e simbolizada por FDN_{Fe} , segundo Mertens (1997) e Mertens (2002a e b), citados por Rodrigues & Vieira (2006).

2.4 Consumo voluntário e microbiota ruminal

Um dos fatores determinantes na regulação da ingestão pelos ruminantes são os mecanismos que atuam quando dietas de baixa qualidade são utilizadas. Sob condições normais, nessas dietas, os ruminantes raramente ingerem quantidade suficiente de energia para revelar seu verdadeiro potencial (Van Soest, 1994).

Muitos fatores interagem para impedir uma ótima ingestão de forragem, envolvendo desde a limitação do tempo de pastejo até o conceito de limitação da ingestão pelo enchimento ruminal e do trato gastrintestinal (Van Soest, 1994). Outra possibilidade, segundo o mesmo autor, é que dietas à base de gramíneas tropicais podem ser deficientes em nitrogênio ou alguns outros nutrientes. Isso limitaria a ingestão pelo retardamento da digestão ruminal ou por efeitos sobre fatores fisiológicos que contribuem para a sensação de fome e saciedade.

O desaparecimento do alimento ingerido no trato digestório pode ocorrer de duas formas, por digestão e por passagem (k_p). Conseqüentemente, estes processos competem pelas mesmas frações alimentares. O grau em que cada um destes processos ocorre depende das taxas de digestão e passagem dos alimentos ou de frações destes (Silva, 2006).

Ørskov (1982) postulou que a deficiência de nitrogênio produz uma série de conseqüências, basicamente relacionadas com o fenômeno da diminuição no ritmo da degradação do alimento no rúmen, resultando na depressão do consumo face à redução da digestibilidade, que está relacionada com a intensidade da atividade microbiana.

Pode-se inferir, portanto, que a deficiência de proteína dietética para os ruminantes reduz a atividade da microbiota ruminal, deprimindo a digestão da celulose, o que contribui para um menor consumo voluntário. Suspeitou-se inicialmente, no entanto, de que a redução do consumo voluntário fosse causada por um efeito físico apenas, mas este mecanismo só explicava em parte o

fenômeno. Após vários ensaios experimentais, Egan & Moir (1965) concluíram que a suplementação protéica, mesmo que realizada diretamente no duodeno, aliviou a deficiência deste nutriente e estimulou as taxas de renovação de metabólitos dos tecidos corporais, sendo, por isso, o consumo estimulado. Em contraposição à suplementação direta via duodeno com caseína, a suplementação com uréia atuou primeiramente incrementando a digestão ruminal e a taxa de passagem (k_p). Resumindo seus trabalhos, Egan e Moir (1965) apresentaram uma equação de regressão para predição do consumo em ovinos com base na retenção de nitrogênio diário (g de N/PV_(kg)^{-0,73}).

Correlações significativas entre as concentrações dietéticas de proteína degradável no rúmen e o consumo voluntário também foram reportadas por diversos experimentos (Allawa et al., 1986 e Allawa et al., 1987 citados por Forbes, 1995). Torna-se relevante, então, em face de uma dada disponibilidade energética, conhecer qual será a demanda de proteína degradável para que a microbiota ruminal manifeste franco crescimento.

Neste sentido, Klopfeistein (1996) descreveu que a necessidade da microbiota ruminal está em torno de 130g de proteína degradável por quilograma de matéria orgânica digestível no rúmen e salientou que, quando a forragem de baixa qualidade é consumida, ocorre redução na taxa de passagem e na eficiência do crescimento microbiano. Desta forma, conclui-se que o consumo voluntário também seja afetado pela falta de proteína degradável no rúmen (**PDR**).

A revisão técnica realizada pelo Agricultural Research Council (ARC, 1980) propôs a média de 30g de nitrogênio por kg de **MODR**. Para os dados derivados desses valores, o sistema assume que, na média, 65% da matéria orgânica (MO) total é potencialmente digestível no rúmen. Assim, o requerimento de nitrogênio é de 19,5 g /kg MO ingerida. Caso esta exigência

nitrogenada ruminal fosse expressa como demanda de proteína degradável para crescimento microbiano, corresponderia a 12,2% da **MO** digestível ingerida.

Como a literatura científica sugere que o requerimento para proteína degradável no rúmen esteja entre 120 e 130g por quilograma de matéria orgânica digestível consumida, fez-se uma abordagem com base na média da eficiência microbiana, para uma grande variedade de alimentos. Assim, o NRC (1996) propôs que o requerimento de proteína degradável no rúmen (**PDR**) fosse de aproximadamente 13% dos nutrientes digestíveis totais (**NDT**), o que, por sua vez, é relativamente igual à matéria orgânica digestível para a maioria das dietas à base de forragens não fermentadas. Esse valor também é similar aos valores propostos pelo Agriculture & Food Research Council (AFRC, 1993) para animais em manutenção, e pouco menor do que os propostos para animais em crescimento e lactação. No caso do AFRC (1993), o requerimento de **PDR** foi estimado como sendo função da quantidade de nitrogênio que é fixado em proteína microbiana por unidade de energia metabolizável fermentável (EM_{fe}), o que, em última instância, representa a fração da **MO** que é fermentada no rúmen.

Já o modelo mecanicista e empírico proposto pela Universidade de Cornell, The Net Carbohydrate and Protein System for Evaluating Herd Nutrition and nutrient Excretion (CNCPS v 5.0, Fox et al., 2003), utiliza duas dinâmicas diferentes para estimar as exigências de proteína degradável no rúmen. A primeira, definida como *nível 1*, opera empiricamente sob as frações de **PDR** contidas em cada alimento segundo dados tabulados, sendo a exigência de **PDR** determinada como 13% do NDT. O *nível 2* opera de forma mecanicista, com base na integração dos tamanhos dos “pools” das frações de carboidrato e de proteína, no crescimento microbiano a partir das frações fibrosas e não fibrosas e, ainda, ponderando as taxas de digestão e passagem.

O sistema CNCPS apresenta um submodelo do rúmen (de importância central ao algoritmo) que prediz a fermentação e a digestão dos alimentos. Neste

submodelo, o ecossistema ruminal é categorizado em dois grupos distintos com base na utilização das fontes de carboidratos e de compostos nitrogenados e na eficiência de crescimento microbiano. Um grupo é constituído por microrganismos que fermentam carboidratos não fibrosos (CNF) e o outro, formado pelos que fermentam carboidratos fibrosos (CF). Os microrganismos pertencentes ao grupo que fermenta CF apresentam exigências de manutenção cerca de três vezes menores que aqueles que usam CNF (cerca de 0,05 e 0,15 g de carboidrato/g de célula/h) e taxa máxima de crescimento microbiano de 40% para os dois “*pools*” de microrganismos, para pH ruminal acima de 6,3.

O submodelo ruminal do CNCPS considera, ainda, que ambos os “*pools*” de microrganismos exigem amônia como fonte de nitrogênio (*pool* μ g CF exigem 100% N-H₃; *pool* μ g CNF exigem 66% N-peptídeos e 34% N-NH₃) e que a disponibilidade de aminoácidos na forma de peptídeos aumenta a eficiência de síntese no caso dos microrganismo que fermentam carboidratos não fibrosos (para $\Sigma \text{ pep}/(\text{pep} + \text{CNF}) < 14\%$, aplica-se um fator que varia de 0 a 18,7% na eficiência de crescimento do “*pool*” microbiano). Para ajustar o efeito de pH, o modelo considera que a exigência mínima de FDN seja de 20% (base seca da dieta) para manutenção do pH acima de 6,3, aplicando uma redução de 2,5% na síntese microbiana para cada unidade percentual de decréscimo no teor de FDN da dieta.

As equações de predição da eficiência de síntese microbiana do CNCPS (*nível 2*) são apresentadas a seguir:

$$1/Y_{\mu g} = (K_m / k_d) + (1 / 0,40) \quad \text{onde:}$$

$Y_{\mu g}$: é a eficiência de crescimento microbiano, expressa em g de MS de microrganismo / g de carboidrato fermentado;

K_m: é a taxa de manutenção microbiana, 0,05 para microrganismos fermentam CF e 0,15 para os que fermentam CNF;

k_d: é a taxa de fermentação (digestão) da fração carboidrato considerada;

0,40: é a taxa máxima de crescimento microbiano considerada para ambos os “*pools*” de microrganismos;

É oportuno dizer que apesar da complexidade do submodelo ruminal do CNCPS, o modelo apresenta-se em dois níveis de solução dos algoritmos visando se adequar às diferentes necessidades dos tipos de usuários. O denominado **nível 1** é compreendido por alimentos que não puderam ser muito bem caracterizados (sob os parâmetros de cinética ruminal e de composição de suas frações de carboidratos e proteínas – **k_d**, **k_p**, Prot: **A/B1/B2/B3/C**, CHO: **A/B1/B2/C**) ou aquele para o qual o usuário não apresenta conhecimento suficiente para utilizar o submodelo ruminal do CNCPS com segurança. O **nível 2** é direcionado a usuários que apresentam informações suficientes e adequadas sobre a composição dos alimentos e consumo e apresentam pleno domínio do submodelo ruminal do CNCPS. Ambos os níveis utilizam as equações descritas por NRC (1996; 2000) para a predição da **ED**, **EM**, **EL_m** e **EL_g** enquanto a **EL_L** foi descrita pelas equações propostas pelo NRC (2001).

No **nível 1**, os valores de **NDT** e **PM** são obtidos através de equações empíricas descritas por Weiss et al. (1992), Weiss et al. (1993; 1999) e NRC (2001), conforme Fox et al. (2003).

Uma vez calculado o **NDT** para o nível de consumo à manutenção, ele é ajustado para outros níveis de consumo (Tedeschi, 2001, citado por Fox et al., 2003). A proteína metabolizável de origem microbiana representa 64% da proteína bruta microbiana, a qual, por sua vez, é calculada como 13% do **NDT**,

através da mesma equação usada pelo *nível 1* do NRC (Beef, 2000). As correções no **NDT** para nível de consumo de matéria seca são realizadas por procedimentos semelhantes aos aplicados no NRC (2001) e CNCPS *nível 1*, ao passo que o NRC (2000) *nível 1* não faz esta correção. A proteína não degradável dos alimentos é calculada a partir da proteína bruta multiplicada pela porcentagem de sua não degradabilidade, assumindo-se uma digestibilidade intestinal de 80%.

No *nível 2* do CNCPS, as estimativas do **NDT** e da **PM** são realizadas por procedimentos mecanicistas a partir das taxas fracionais de digestão (k_d) e da taxa de passagem (k_p) (Russell et al., 1992; Sniffen et al., 1992). A quantidade de carboidrato e proteína degradados e que escapam à degradação ruminal é calculada a partir das equações seguintes:

$$DR = I \times [k_d / (k_d + k_p)] \quad e$$

$$ER = I \times [k_p / (k_d + k_p)]$$

onde:

DR: representa a fração degradável no rúmen, kg;

ER: representa a fração que escapa à degradação ruminal, kg;

k_d : é a taxa de degradação ruminal da fração do alimento considerada, % \cdot h⁻¹;

k_p : é a taxa de passagem do alimento, % \cdot h⁻¹;

I: é a ingestão da fração do alimento, kg.

2.5 Nutrição e alimentação dos ruminantes

Nos últimos anos, a pesquisa nacional vem investigando os efeitos do não atendimento da PDR a parâmetros ruminais e de desempenho zootécnico, uma vez que parece haver justificativas econômicas para tanto. Entretanto, a maioria

destes estudos foi desenvolvida com bovinos, sendo muito escassas as propostas de estudos com ovinos.

Entre esses trabalhos pode-se citar o realizado por Costa (2001), que trabalhando com bovinos, reportou que o não atendimento dos níveis de PDR não foi limitante para o desenvolvimento do ruminante e o cumprimento de suas funções produtivas, desde que atendidas suas necessidades de proteína metabolizável através de fontes de proteína de baixa degradabilidade ruminal.

Dados semelhantes, apresentando a viabilidade de trabalhar com dietas com reduzido teor de proteína degradável no rúmen para bovinos, também foram relatados por Franco (1997), Carmo (1999), Siqueira (2001) e Tonani (2001), e para ovinos, por Salvador (2007). Entretanto, há ainda muito a ser investigado a esse respeito, uma vez que relevantes conseqüências são provocadas no metabolismo dos microrganismos.

A literatura científica vem identificando e descrevendo diversos mecanismos e reações metabólicas para explicar e justificar as variações obtidas nos rendimentos microbianos em face de definidas condições de crescimento. Termos como “desacoplamento”, “desperdício energético”, “ciclos fúteis” e “reações de desvio”, entre outros, têm sido utilizados para denominar o conjunto de “alternativas” adotadas pelos microrganismos para consumir energia sem que haja o concomitante crescimento microbiano ou para que este aconteça com muito menor eficiência. Tais circunstâncias são normalmente induzidas por situações nutricionais desbalanceadas.

2.5.1 Dieta balanceada para energia e proteína – aspectos fisiológicos

O sistema CNCPS utiliza-se da taxa de fermentação das diferentes frações de carboidratos (k_d) para estimar o crescimento microbiano ruminal (Russel et al., 1992). Os rendimentos produtivos são ajustados para atender a demanda energética de manutenção, a disponibilidade de peptídeos e o pH, porém

versões anteriores do CNCPS não consideravam a limitação nitrogenada em si. A limitação de nitrogênio ruminal pode reduzir o fluxo microbiano ruminal (g bactéria/dia) (Kang-Mesnarich et al., 1980; Satter & Slyter, 1974; NRC, 1985); deprime a fermentação da fibra (Russell, 1992) e reduz o consumo de matéria seca NRC (1985; 1987) e Van Soest (1994).

As rações para ruminantes tradicionalmente vinham sendo balanceadas para vários componentes (proteína bruta, extrato etéreo, extrativo não nitrogenado e fibra bruta) Russell et al. (1992). No entanto, trabalhos mais recentes indicam que a taxa de degradação ruminal dos diferentes alimentos pode exercer um profundo efeito sobre a fermentação, os produtos da fermentação e o desempenho animal (Nocek & Russell, 1988). Se a taxa de degradação protéica exceder a taxa de fermentação de carboidratos, grandes quantidades de nitrogênio poderão ser perdidas como amônia. Em contraposição a este cenário, se a taxa de fermentação dos carboidratos excederem a taxa de degradação da proteína, a produção de proteína microbiana pode ser reduzida. Outra possibilidade seria aquela de que os alimentos são degradados muito lentamente, e o efeito do enchimento ruminal poderá restringir o consumo. Ainda, se a taxa de degradação for baixa, alguns dos alimentos poderão escapar da fermentação ruminal, passando diretamente para o intestino.

O CNCPS, por ser um sistema dinâmico, tem como objetivo adequar a digestão ruminal de proteínas e carboidratos para obter o máximo desempenho das comunidades microbianas ruminais, a redução das perdas nitrogenadas ruminais e a estimativa do escape ruminal de nutrientes (Russell, 1992; Sniffen et al., 1992; Van Soest & Fox, 1992). Isto, em última instância, habilitaria os nutricionistas a fazerem predições mais confiáveis sobre o desempenho dos animais (Van Soest & Fox, 1992).

É importante mencionar que o modelo CNCPS para ovinos era denominado de CNCPS-Sheep e foi proposto por Cannas et al. (2004).

Recentemente, pelo fato de passar a abranger equações para caprinos e por envolver, em sua nova versão, a participação de pesquisadores de duas universidades Norte Americanas (Texas A&M University; Cornell University) e uma Italiana (Università degli Studi di Sassari), esse modelo passou a ser denominado de Small Ruminant Nutrition System (SRNS v.1.8.1, elaborado a partir de Cannas et al., 2004).

Assim, assumindo uma dada dieta balanceada segundo os modernos princípios de equilíbrio ruminal entre energia e proteína, o efeito do consumo voluntário sobre o crescimento microbiano ruminal será diretamente proporcional. Este efeito, porém, se manifestará dentro de um intervalo de densidade energética, na qual a falta ou o excesso de carboidrato fibroso (CF) não comprometerá a manutenção das condições fermentativas ruminais. Encontram-se, nos anexos, três figuras nas quais as representações gráficas resultantes de exercícios algébricos a partir das equações do sistema AFRC (1993) e CNCPS-Sheep (2004) para a estimativa de síntese de proteína microbiana podem ser observadas.

A figura 1A (ANEXO A) ilustra a correlação positiva entre consumo de matéria seca e o crescimento microbiano ruminal, vista sob a ótica da modelagem do AFRC (1993), e o comportamento aproximadamente quadrático quando simulado pelo modelo *Small Ruminant Nutrition System* (SRNS) elaborado a partir de Cannas et al. (2004).

É fundamental observar (figura 1A- ANEXO A) que o modelo AFRC (1993), por se basear no nível de ingestão de energia metabolizável fermentável (IEM_{fe}) como modulador do potencial de crescimento microbiano, induz a curva a um comportamento praticamente linear sobre o crescimento microbiano em função da IMS. Dessa forma, o modelo do AFRC (1993) negligencia a natureza do tipo de carboidrato fermentado, bem como a integridade do ambiente

ruminal, o que pode (em situações específicas) vir a comprometer o desempenho dos microorganismos ruminais.

Este aspecto, entretanto, é levado em consideração pelo modelo CNCPS-Sheep (2004), e mais recentemente, pelo SRNS, que indicou um comportamento aproximadamente quadrático no gráfico. A menor estimativa do crescimento microbiano feita pelo SRNS no menor nível de consumo deveu-se ao fato de que, em todas as situações nutricionais da simulação, foi mantido o mesmo desempenho animal. Conseqüentemente, para um menor consumo haverá uma maior concentração de energia metabolizável dietética, resultando na restrição de fibra efetiva, comprometendo, assim, a integridade do pH ruminal e a eficiência microbiana.

Em contraposição a esta resposta, as dietas de menor densidade energética (consumo mais elevado para um mesmo desempenho animal) apresentaram uma quantidade de carboidratos fibrosos (CF) expressiva, quando comparada aos planos dietéticos intermediários. Neste caso ($100\text{g MS/PV}_{\text{Kg}}^{0,75}$), mesmo tendo sido ingerida uma maior quantidade de energia metabolizável fermentável, a fonte de energia era um carboidrato fibroso de lenta fermentação, o que também reduz a eficiência do crescimento microbiano. Por esse motivo, o SRNS estimou um valor de crescimento microbiano inferior ao AFRC (1993), que não consegue captar este efeito em seu modelo. Fica claro, portanto, que para situações dietéticas intermediárias haverá uma tendência de coincidência das estimativas de ambos os modelos de alimentação na predição de crescimento microbiano ruminal. Todavia, o modelo proposto inicialmente pela Universidade de Cornell, e aqui discutido através do SRNS, configura-se como uma ferramenta mais acurada para descrever o crescimento microbiano ruminal.

Sob a ótica do SRNS, a correlação do potencial de crescimento microbiano ruminal ($Y_{PB\mu\text{g}}$), com o consumo voluntário, será positiva se e somente se: 1) for mantida a proporção entre carboidratos fibrosos e não fibrosos

da dieta e houver aumento de consumo; e 2) o incremento de carboidratos fibrosos na dieta for seguido de aumento de consumo que compense a perda de eficiência microbiana para crescimento, sendo que, em situações extremas como a falta de fibra efetiva, o aumento do consumo reduzirá o potencial de crescimento microbiano por gerar condições de meio insatisfatórias às cepas microbianas (figura 2A apresentada no ANEXO A).

O potencial de crescimento microbiano ($Y_{PB\mu g}$), expresso na figura 2A (ANEXO A), foi apresentado com base na % do NDT da dieta. Optou-se por fazê-lo assim pelo fato de o software SRNS v.1.8.1 não apresentar os saldos de eficiência de $Y_{PB\mu g}$ específicos para cada tipo de carboidrato em seu relatório, muito embora apresente os valores biológicos das taxas de fermentação e a composição química de cada fração de carboidrato da dieta. Neste sentido, o modelo SRNS estima o $Y_{PB\mu g}$ da mesma forma que o *nível 2* do CNCPS, não apresentando a opção de modelagem de *nível 1*, conforme já descrita anteriormente nesta revisão e disponível no CNCPS para bovinos. De qualquer forma, para evidenciar o comportamento do $Y_{PB\mu g}$ em função da IMS, a unidade a ser utilizada passa a ser indiferente.

No entanto, quando esta correlação é avaliada sob a perspectiva do AFRC (1993), haverá incremento de crescimento microbiano sempre que o consumo de matéria seca (conseqüentemente de energia EM_{fe}) acontecer, (FIGURA 3A apresentada no ANEXO A). A aplicação dos princípios do AFRC (1993) requer do nutricionista bastante conhecimento fisiológico e muito critério para sua correta aplicação, uma vez que o modelo não integra, de maneira direta, o mesmo número de variáveis e ajustes propostos pelo SRNS.

2.5.2 Dieta desbalanceada com excesso de carboidratos não fibrosos (CNF) – aspectos fisiológicos

A maioria dos sistemas de formulação de rações para bovinos (ARC, 1980; NRC, 1989 e 1996; Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization - CSIRO, 1990; Institute National de la Recherche Agronomique - INRA, 1989; AFRC, 1993) reconhece a importância do suprimento adequado de energia em relação à proteína para a microbiota ruminal. No entanto, nenhum deles apresenta um método sistemático que ajuste o crescimento microbiano ruminal ao consumo de matéria seca, quando o N ruminal é restrito.

Se o balanço de nitrogênio no rúmen for negativo, ou seja, o requerimento for maior que a soma do suprimento dietético e da reciclagem do nitrogênio (N), o crescimento microbiano será deprimido (ARC, 1980). A disponibilidade de N para crescimento microbiano (**NAllowableBact**, g bactéria/dia) é a soma do N-proteína verdadeira degradado no rúmen (**PeptideUptakeN**, g N/dia) mais o N não protéico proveniente da dieta (**DegradedDietN**, g N/dia) e o N reciclado (**RecycledN**, g N/dia) dividido pela concentração de nitrogênio bacteriano (10%).

$$NAllowableBact = (PeptideUptakeN + DegradedDietN + RecycledN) / 0,10$$

Se a energia fermentável for o primeiro nutriente limitante, a produção de proteína microbiana será ditada pela energia e não pelo nitrogênio ruminal disponível, não havendo a necessidade de reduzir a produção microbiana. No entanto, sendo o N limitante ao sistema, a produção microbiana será reduzida (**BactRed**, g bactéria/dia) pela diferença da disponibilidade de energia e nitrogênio para o crescimento microbiano (Tedeschi et al., 2000).

$$BactRed = (EAllowableBact - NAllowableBact)$$

Algumas bactérias ruminais podem, no entanto, continuar fermentando carboidratos mesmo em condições de limitação nitrogenada, porém seu crescimento não é possível (Van Kessel & Russell, 1996). O desperdício energético (“**energy spilling**”) pode ser causado pelos denominados ciclos fúteis, como o ciclo fútil do amônio e do potássio; os ciclos fúteis de prótons, através das membranas celulares (Tedeschi et al., 2000) e os ciclos fúteis enzimáticos (Wells & Russell, 1994).

Estudos em culturas contínuas de microrganismos ruminais, em meio N limitado, indicam que as bactérias que fermentam carboidratos não fibrosos apresentam uma atividade fermentativa “não convencional” (anômala - *abnormally*), enquanto as bactérias que fermentam carboidratos fibrosos não conseguem desperdiçar energia (manifestar o “*energy spilling*”) (Kessel & Russell, 1996). Pelo fato de as bactérias que fermentam CNF conseguirem desperdiçar energia (“*energy spilling*”) quando o N é limitante, a digestão dos carboidratos não fibrosos não é afetada, mas a limitação nitrogenada tem um efeito negativo sobre a digestão dos carboidratos fibrosos (Russell, 1998). Assim, conforme apresentado, a limitação nitrogenada promove a redução da fermentação dos carboidratos, assim como do crescimento das bactérias que fermentam esse substrato. Entretanto, a bactéria *Fibrobacter succinogenes* é capaz de fermentar excessos de celubiose em meio N limitado (Maglione & Russell, 1997), sendo que, em cultura mistas, observa-se depressão da digestão da matéria orgânica (Milton et al., 1997 a,b).

É importante mencionar que quando da aplicação do CNCPS 4.0 (que não considerava o ajuste para limitação nitrogenada ruminal), o ganho médio diário era superestimado para altos e baixos desempenhos. Conseqüentemente, a proporção dos desvios contidos no intervalo de 0,1 e +0,1 kg/dia foi de apenas 39,7%. Em contrapartida, quando incorporados ao modelo os efeitos da limitação nitrogenada ruminal (CNCPS 5.0), houve um nivelamento dos pontos

ao longo da linha central, conseqüentemente reduzindo o erro. Assim, a proporção dos desvios correspondentes contidos no intervalo de -0,1 e +0,1 kg/dia aumentou para 62,1% (Tedeschi et al., 2000).

Em dietas com CNF em excesso, haverá predominância de microrganismos fermentadores deste tipo de substrato e, por estas cepas continuarem sua atividade fermentativa, mesmo que de forma anômala em meio “N” restrito, elas passam a manifestar o fenômeno do desperdício energético (“*energy spilling*”) citado por Van Kessel & Russell (1996), deprimindo, assim, o crescimento microbiano ruminal.

2.5.3 Dieta desbalanceada com excesso de carboidrato fibroso (CF) – aspectos fisiológicos

Os microrganismos ruminais, através da fermentação dos carboidratos no rúmen, conseguem a maior parte de sua energia, sendo categorizados de maneira geral de acordo com o tipo de carboidrato que fermentam (Russel, 1985).

No modelo CNCPS os microrganismos ruminais são particionados como fermentadores de CF e CNF. No entanto, a cepa bacteriana *Butyrivibrio fibrisolvens* apresenta potencial para ambos os nichos de atuação, mas a maioria das espécies (celulolíticas e amilolíticas) podem ser classificadas por essa arbitrária classificação (Russell et al., 1992).

Os microrganismos que fermentam a celulose e hemicelulose multiplicam-se mais lentamente e utilizam amônia com fonte de nitrogênio para a síntese de proteína microbiana. Os microrganismos que fermentam amido, pectina e açúcares multiplicam-se mais rapidamente que os fermentadores de CF e utilizam tanto a amônia (34%) quanto os aminoácidos (66%) como fonte nitrogenada para síntese de proteína microbiana ruminal (Russell et al., 1992; 1983).

Pelo fato de as bactérias que fermentam CNF conseguirem desperdiçar energia (“*energy spilling*”), quando o N é limitante, a digestão dos carboidratos não fibrosos pode não ser fortemente afetada, mas a limitação nitrogenada tem um efeito negativo sobre a digestão dos carboidratos fibrosos (Russell, 1998).

Neste caso, em dietas ricas em CF a deficiência nitrogenada ruminal poderá resultar em uma significativa depressão da fermentação da fibra, criando condições para que o efeito denominado de “*rumen fill*” passe a se manifestar (Russell et al., 1992; Tedeschi et al., 2000).

Outro aspecto relevante é o de que o desvio de peptídeos para a síntese de proteína microbiana ou produção de amônia é regulado pela disponibilidade de carboidratos. Quando a disponibilidade de carboidratos permite crescimento, 66% da proteína dos microrganismos que fermentam CNF vêm dos peptídeos, enquanto 34% são provenientes de amônia (Russell et al., 1983). Na falta de carboidratos, todo o N na forma de peptídeos será convertido em amônia, podendo incrementar perdas e o custo metabólico para sua eliminação.

Neste sentido, nos casos em que a amônia é produzida em taxas que excedem a capacidade de utilização da microbiota ruminal, haverá um aumento da absorção e excreção deste nitrogênio, porém com gasto energético para eliminá-lo como uréia.

Desta forma, a deficiência de energia (carboidratos) e proteína no ambiente ruminal resultará em:

1. Redução da digestibilidade da fibra;
2. Depressão do crescimento microbiano ruminal, especialmente dos microrganismos de atuam sobre CNF;
3. Aumento da produção de amônia, por desaminação dos peptídeos dietéticos;
4. Enchimento ruminal e depressão do consumo voluntário.

Neste cenário digestivo, parece haver maior efeito do ambiente ruminal na expressão do consumo voluntário do que o inverso. Cabe observar, no entanto, que o desempenho animal será muito limitado, quando não for nulo ou negativo.

Por fim, a redução na digestibilidade não deve ser sempre considerada prejudicial ao sistema produtivo. Se o aumento do consumo voluntário promover contrária redução na digestibilidade (por aumento de k_p), a taxa de absorção de nutrientes pode vir a ser incrementada (Russell et al., 1992).

2.6 Considerações sobre o não atendimento das demandas de PDR para otimização da síntese de proteína microbiana ruminal

A premissa de otimização do crescimento microbiano ruminal condicionará, em grande parte das situações, sobra de proteína metabolizável em relação à respectiva exigência animal segundo os modelos de equilíbrio entre energia e proteína no rúmen propostos pelos sistemas de alimentação.

Por este motivo é que Tedeschi et al. (2000) apresentaram, em seu artigo, o sistema ruminal com uma entidade que opera de forma energeticamente limitada e com excesso de nitrogênio (quando otimizado). Além disso, os modelos de alimentação quantificam esta sobra de proteína metabolizável como custo energético para sua metabolização (síntese e excreção da uréia).

O CNCPS-Sheep (2004), bem como o SRNS (2005), simulam através de seus modelos o efeito da diminuição da sobra de proteína metabolizável em relação à exigência animal através da limitação do crescimento microbiano ruminal (reduzindo a PDR).

Seguindo esta linha de raciocínio, cabe o questionamento sobre se o custo metabólico gerado pela sobra de proteína metabolizável com a otimização do crescimento microbiano e digestibilidade ruminal agregará mais benefícios quando comparado à estratégia de reduzir a sobra de proteína metabolizável, sob

pena de reduzir a digestibilidade dos carboidratos, principalmente os CF, gerando, assim, economia metabólica ao organismo do animal.

A resposta, no entanto, em um primeiro momento, parece ser simples, mas se analisada em profundidade e levando em consideração os benefícios econômicos trazidos aos sistemas produtivos, demandará outros questionamentos para que seja adequadamente respondida.

Em primeiro lugar, para determinar a relevância da economicidade energética metabólica do animal em relação à correspondente perda energética em função da redução da digestibilidade da fibra, deve-se conhecer para qual escala de desempenho a alternativa nutricional esta sendo “desenhada”.

Em outras palavras, quanto maior for o desempenho animal, maior será a sobra de proteína metabolizável porque quanto mais energia estiver disponível no sistema, maior será o crescimento microbiano ruminal e, conseqüentemente, maiores quantidades de proteína degradável serão demandadas para a otimização deste crescimento.

Outro aspecto a ser levado em consideração é a categoria animal que está sendo trabalhada. Animais mais jovens apresentam uma composição corporal mais magra, ou seja, apresentam uma densidade energética corporal menor.

Portanto, conhecer o impacto que a adoção da restrição de proteína degradável no rúmen (PDR) trará ao atendimento das demandas energéticas líquidas corporais dos animais passa a ser de fundamental importância.

Por fim, a resposta quanto à viabilidade de aplicação desta alternativa nutricional deverá passar por investigações científicas que a correlacionem diferentes escalas de desempenho, composições de ganho (categorias, raça e sexo) e níveis de restrição nitrogenada ruminal imposta.

Pesquisas recentes vêm sendo conduzidas com ovinos sobre o tema, buscando estudar as escalas dos efeitos digestivos e de desempenho animal desta proposta dietética em diversos esquemas produtivos.

3 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento constou de dois ensaios, um de digestibilidade e balanço nitrogenado e outro de desempenho. Ambos foram realizados nas instalações do Setor de Ovinocultura da Universidade Federal de Lavras (UFLA), situada no município de Lavras - MG. A cidade está situada a 21°14' de latitude sul, 45°00' de longitude W.Gr. e altitude de 918 m.

3.1 Ensaio de digestibilidade e balanço nitrogenado

3.1.1 Local, instalações e período de realização

O ensaio de digestibilidade e balanço nitrogenado foi realizado nas instalações do Setor de Ovinocultura da UFLA, ocorrendo no período compreendido entre 06/06/2006 e 12/07/2006 (34 dias). Sendo realizado um período de adaptação prévio de 12 dias dos animais às instalações (gaiolas) e ao manejo. Os 34 dias do ensaio foram distribuídos em dois períodos de adaptação às dietas experimentais constituídos de 12 dias (fase pré-experimental) e dois períodos de coleta de 5 dias (fase experimental) intercalados, dentro de um delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial. Os animais experimentais foram instalados em gaiolas metálicas individuais adequadas para ensaios de digestibilidade *in vivo*, providas de comedouro e bebedouro. Cada gaiola metabólica possuía, acoplado ao assoalho, um sistema de captação de fezes e urina. As fezes foram recolhidas em bandejas plásticas e a urina foi recolhida em baldes plásticos adaptados com uma tela separadora, evitando que as fezes e a urina se misturassem. Em cada balde foram colocados 100 mL de solução de H₂SO₄ a 10% para acidificar a urina, evitando perdas nitrogenadas por volatilização.

3.1.2 Animais e alimentos

Foram utilizados doze (12) animais (6 machos e 6 fêmeas em crescimento) da raça Santa Inês, com peso vivo médio $32,4 \text{ kg} \pm 1,67$ (machos) e $34,1 \text{ kg} \pm 3,6$ (fêmeas). Os animais foram evermifugados uma única vez durante todo o ensaio experimental com endoparasiticida injetável (ivermectina 3,15%). A alimentação dos animais consistiu de feno de capim Coast-cross (*Cynodon dactylon* L. Pers.) triturado e ração concentrada. Foi utilizado um moinho de martelo para proceder à moagem do feno, reduzindo-o a partículas com tamanho de aproximadamente um (01) cm. Para o preparo dos concentrados experimentais foram utilizados milho moído, farelo de soja, Farelo de Glúten de milho, e suplemento mineral. A escolha das fontes Farelo de soja e Farelo de Glúten de milho (Glutenose) objetivou utilizar uma fonte de alta e outra de baixa degradabilidade ruminal da fonte protéica, respectivamente.

A caracterização nutritiva dos alimentos utilizados na elaboração das dietas experimentais do ensaio de digestibilidade encontra-se na Tabela 1.

TABELA 1 Composição bromatológica dos alimentos utilizados na elaboração das rações experimentais do ensaio de digestibilidade, balanço nitrogenado e desempenho.

Alimentos	EM ¹	MS ²	PB ²	PDR ³	PM ⁴	FDN ²	FDA ²
	(Mcal/ kg MS)	(%)	(% da MS)				
Feno de Coast-cross^{B-FDA}	1,53	90,79	5,17	1,86	2,50	78,46	38,69
Feno de Coast-cross^{A-FDA}	1,53	92,19	3,86	1,71	1,77	78,70	46,85
Milho	3,30	90,29	11,63	5,06	8,80	10,00	2,47
Farelo de Soja	3,16	90,77	53,09	38,83	36,75	14,40	8,44
F.Glúten de Milho	3,22	91,00	66,30	32,50	51,74	8,90	1,52

¹ Energia metabolizável, fenos (CNCPS-Sheep, 2004) e concentrados AFRC (1993).

² Resultados obtidos através de análises realizadas no laboratório do Depto de Zootecnia - UFLA

³ PDR: proteína degradável no rúmen – concentrações médias obtidas a partir dos valores das frações da PB de cada alimento, segundo o sistema CNCPS-Sheep (2004)

⁴ PM: proteína metabolizável - concentrações médias obtidas a partir dos valores das frações da PB de cada alimento, segundo o sistema CNCPS-Sheep (2004)

Legenda - EM: energia metabolizável; MS: matéria seca; PB: proteína bruta; PDR: proteína degradável no rúmen; PM: proteína metabolizável; FDN: fibra em detergente neutro; FDA: fibra em detergente ácido

Feno de *Cynodon dactylon* L. Pers. com alto teor de FDA (**Feno de Coast-cross^{A-FDA}**)

Feno de *Cynodon dactylon* L. Pers. com baixo teor de FDA (**Feno de Coast-cross^{B-FDA}**)

3.1.3 Elaboração das rações e manejo alimentar

Após os animais terem sido pesados, no início de cada período de adaptação, estes foram sorteados nos tratamentos e, de posse de seus pesos vivos, foram calculadas as rações segundo os princípios de inclusão de proteína degradável no rúmen estabelecidos pelo Sistema Britânico AFRC (1993). Optou-se por este procedimento devido a dificuldade de se estabelecer parâmetros ligados à taxa de degradação da frações fibrosas de carboidratos (k_d) e taxa de passagem (k_p) para gramínea tropical necessários para formulação pelo CNCPS e considerando a relativa facilidade de aplicação dos conceitos de energia metabolizável fermentável proposto pelo AFRC (1993) optou-se por este procedimento.

Objetivando estimar as demandas diárias de energia metabolizável, foi proposto um ganho de peso médio diário da ordem de 235 g/animal (machos) e 180 g/animal (fêmeas), sendo o peso vivo inicial tomado como referência desta escala do ganho. Estes parâmetros de desempenhos permitiram definir dietas com concentrações energéticas semelhantes às dietas do desempenho, repetindo, assim, as mesmas condições de fermentação ruminal estabelecidas ao ensaio do desempenho.

Dadas as diferenças previstas pelo sistema na composição corporal do ganho de peso entre machos e fêmeas, os parâmetros de desempenho assim definidos também permitiram ajustar de forma equivalente as concentrações energéticas das dietas entre os animais, colaborando para o estabelecimento de padrões fermentativos ruminais semelhantes entre eles.

Para se proceder à elaboração das rações, os animais tiveram seus consumos voluntários avaliados durante o período de adaptação às dietas experimentais. O objetivo deste procedimento foi verificar a capacidade dos animais em ingerir os alimentos que seriam fornecidos, em especial a capacidade de consumo dos alimentos volumosos (fenos triturados).

As rações fornecidas durante o período de adaptação foram elaboradas seguindo os princípios que regeram a definição dos tratamentos, porém com parâmetros de consumo estimados.

Inicialmente foram realizadas ofertas de alimentos considerando ingestões de matéria seca da ordem de 70 g por quilograma de peso metabólico ($PV^{0,75}$), as quais foram elevadas até que houvesse a estabilização da ingestão, que se situou em torno de 90 g MS /kg $PV^{0,75}$, sendo então este valor assumido para a elaboração das rações (tratamentos) no período experimental.

As rações experimentais foram preparadas para cada animal conforme seu peso vivo, de acordo com os princípios do tratamento ao qual pertencia. Assim, não foi levada a efeito a confecção de rações considerando o peso médio de cada grupo de animais que compunha as parcelas de cada tratamento. Este procedimento foi assumido para que se impusesse a cada animal, dentro do seu respectivo tratamento, a condição alimentar exata aos princípios do tratamento aplicado.

A alimentação dos animais deu-se em duas refeições diárias, às 08:00 h e às 16:00 h. Todo o volumoso (feno triturado) foi fornecido de uma única vez, na refeição da manhã, sendo o concentrado fornecido 50% pela manhã e 50% à tarde. O fornecimento diário de alimentos considerou uma quantidade excedente de 20% de feno para permitir sobras de alimentação.

Os animais também receberam, adicionada ao concentrado, uma mistura mineral completa (macro e microminerais) para garantir o consumo de 15 g/animal/dia. Cada animal teve à sua disposição água limpa e fresca em tempo integral, em baldes plásticos adequados para este propósito.

3.1.4 Tratamentos

Os tratamentos foram elaborados levando em consideração a combinação dos fatores sexo, volumoso e plano dietético. Para a definição dos

planos dietéticos foram consideradas condições que tanto priorizassem o atendimento da demanda de nitrogênio no rúmen, otimizando a síntese de proteína microbiana, como estabelecessem condições em que o atendimento das exigências nitrogenadas atendesse apenas as demandas dos animais, não necessariamente satisfazendo o potencial para incrementar a síntese de proteína microbiana ruminal.

Desta forma, foram elaborados oito planos dietéticos combinando os fatores: sexo (macho e fêmea), tipo de volumoso (alto e baixo FDA) e princípio de formulação (maximiza crescimento microbiano ruminal ou atende exigência de proteína metabolizável do animal).

Os Planos Nutricionais foram formulados da seguinte forma:

Plano Nutricional A: Ajuste na oferta de proteína degradável no rúmen em função do potencial de crescimento microbiano face à quantidade de energia fermentável advinda da dieta, segundo o sistema AFRC (1993). Nesta circunstância haverá sobra de proteína metabolizável em relação à respectiva exigência animal. Utilizaram-se, no preparo dos concentrados, apenas alimentos com proteína de alta degradabilidade ruminal (farelo de soja);

Plano Nutricional B: Atendimento apenas das demandas protéicas dos animais (atendimento da exigência em proteína metabolizável segundo AFRC, 1993), buscando minimizar a disponibilização de proteína degradável no rúmen. Foi utilizada fonte de proteína de baixa degradabilidade ruminal (Farelo de Glúten de milho);

A combinação dos fatores experimentais (Planos nutricionais, Fonte volumosa e Sexo) resultou em oito tratamentos conforme descritos a seguir na Tabela 2.

TABELA 2 Tratamentos experimentais e suas respectivas descrições conforme as diferentes combinações dos fatores: Plano Nutricional, Fonte volumosa e Sexo.

Tratamentos	Descrição
A FA/M	Plano nutricional (A) ; Feno de Coast-cross ^{A-FDA} (FA); Macho (M)
A FB/M	Plano nutricional (A); Feno de Coast-cross ^{B-FDA} (FB); Macho (M)
A FA/F	Plano nutricional (A); Feno de Coast-cross ^{A-FDA} (FA); Fêmea (F)
A FB/F	Plano nutricional (A); Feno de Coast-cross ^{B-FDA} (FB); Fêmea (F)
B FA/M	Plano nutricional (B) ; Feno de Coast-cross ^{A-FDA} (FA); Macho (M)
B FB/M	Plano nutricional (B); Feno de Coast-cross ^{B-FDA} (FB); Macho (M)
B FA/F	Plano nutricional (B) ; Feno de Coast-cross ^{A-FDA} (FA); Fêmea (F)
B FB/F	Plano nutricional (B); Feno de Coast-cross ^{B-FDA} (FB); Fêmea (F)

Um resumo esquemático dos tratamentos experimentais quanto ao aspecto dos balanços de PDR e PM é apresentado a seguir:

TABELA 3 Resumo esquemático dos tratamentos experimentais quanto ao aspecto dos balanços de PDR e PM.

Tratamentos	Balanco de PDR	Balanco de PM	Fonte Protéica
A FA/M	“zerado”	“superavitário”	Farelo de Soja
A FB/M	“zerado”	“superavitário”	Farelo de Soja
A FA/F	“zerado”	“superavitário”	Farelo de Soja
A FB/F	“zerado”	“superavitário”	Farelo de Soja
B FA/M	“deficitário”	“zerado”	Glutenose
B FB/M	“deficitário”	“zerado”	Glutenose
B FA/F	“deficitário”	“zerado”	Glutenose
B FB/F	“deficitário”	“zerado”	Glutenose

Na Tabela 4 estão apresentadas as proporções dos ingredientes na elaboração das dietas experimentais e suas composições nutricionais para o ensaio de digestibilidade. Os tratamentos são apresentados de acordo com a nomenclatura apresentada na Tabela 2.

TABELA 4 Proporção dos ingredientes, composições nutricionais estimadas, consumos preditos da matéria seca e de nutrientes e exigências estimadas de nutrientes nas rações experimentais (valores médios por tratamento) do ensaio de digestibilidade e balanço nitrogenado (em base seca).

Alimentos	Tratamentos							
	A	A	A	A	B	B	B	B
	FB/M	FA/M	FB/F	FA/F	FB/M	FA/M	FB/F	FA/F
	Proporções (% da MS)							
Feno Coastross. ^{A-FDA}	-	35,86		40,86		37,02		32,32
Feno Coastross. ^{B-FDA}	35,46	-	40,11	-	37,33	-	26,36	-
Milho moído	47,24	43,08	43,22	38,24	61,20	61,36	71,76	65,80
Farelo de Soja	15,88	19,80	15,54	19,86	-	-	-	-
Glutenose	-	-	-	-	0,29	0,53	0,48	0,61
Supl. Mineral	1,42	1,26	1,13	1,04	1,18	1,09	1,40	1,27
TOTAL (%)	100	100	100	100	100	100	100	100
	Composição nutricional							
EM (Mcal/kg)	2,60	2,60	2,55	2,55	2,60	2,60	2,68	2,68
PB (% MS)	15,90	16,00	15,76	15,70	9,54	8,01	9,47	8,21
PDR (% MS)	10,12	10,18	10,07	10,03	5,57	3,65	5,34	3,71
PDR (% PB)	63,65	63,62	63,89	63,88	58,38	45,56	56,39	45,19
PM (% MS)	10,56	10,91	10,35	10,61	6,03	5,50	6,25	5,74
PM (% PB)	66,41	68,19	65,67	67,58	63,20	68,66	65,99	69,91
Ingestão de MS (g)	1338	1459	1339	1441	1265	1378	1073	1185
Ingestão de EM (Mcal)	3,48	3,79	3,41	3,67	3,28	3,58	2,90	3,17
Exigência EM (Mcal)	3,48	3,79	3,41	3,67	3,28	3,58	2,90	3,17
Ingestão de PDR (g)	135,4	148,5	134,8	144,5	70,46	50,29	57,30	43,96
Exigência de PDR (g)	135,4	148,5	134,8	144,5	127,1	138,4	107,8	119,0
Balanço de PDR	0,00	0,00	0,00	0,00	-56,64	-88,11	-50,5	-75,04
Ingestão de PM (g)	141,3	159,2	138,5	152,9	79,69	75,79	67,06	68,02
Exigência de PM (g)	77,33	79,45	67,27	69,18	79,69	75,79	67,06	68,02
Balanço de PM (g)	63,97	79,72	71,23	83,72	0,00	0,00	0,00	0,00
Sobra / Exigência (%)	82,72	100,3	105,8	121,0	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%

3.1.5 Coleta de alimentos, sobras, fezes e urina

Os alimentos fornecidos foram amostrados semanalmente e as amostras foram posteriormente homogeneizadas, formando uma única amostra composta por alimento. Diariamente, o alimento recusado (sobras) era recolhido antes do fornecimento da refeição matutina, pesado e amostrado (em torno de 35% da sobra total).

As fezes e a urina foram recolhidas diariamente pela manhã. A coleta de fezes foi total, seus pesos foram anotados, estas foram amostradas (20% do total diário) e, então, acondicionadas em sacos plásticos devidamente identificados. A urina produzida por cada animal teve seu volume (mL) também registrado e foram efetuados amostragem (10% do volume diário) e acondicionamento das amostras em vidro âmbar devidamente identificado para cada animal.

Todas as amostragens feitas do alimento ofertado, das sobras, das fezes e da urina, após o seu devido acondicionamento para armazenagem (sacos plásticos ou vidros), foram congeladas a -20 °C para posteriores análises químico-bromatológicas.

3.1.6 Análises bromatológicas

Para a determinação da matéria pré-seca dos alimentos utilizou-se estufa com circulação forçada de ar com temperatura regulada para 60 °C por 72 horas. Após a pré-secagem, as amostras foram moídas em moinho tipo Willey com peneira de um (01) mm.

Todas as amostras de alimentos e de sobras foram analisadas para determinação da matéria seca total (MS) e da proteína bruta (PB) segundo as metodologias descritas por Silva & Queiroz (2002). Também foram analisadas para determinação das concentrações de fibras insolúveis em detergente neutro (FDN) e ácido (FDA), segundo os procedimentos recomendados por Goering & Van Soest (1970), e foi efetuado o fracionamento da PB de todas as amostras

(alimentos e sobras) segundo metodologias descritas por Malafaia & Vieira (1997) e Reis (2005).

3.1.7 Cálculos da digestibilidade e do balanço nitrogenado

Os valores de digestibilidade aparente (D_{ap}) da matéria seca (MS), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), carboidratos não fibrosos (CNF), extrato etéreo (EE), nutrientes digestíveis totais (NDT) foram obtidos pela fórmula proposta por Coelho da Silva & Leão (1979), apresentada a seguir:

$$D_{ap} = \frac{[(ING \times \%ING) - (SOB \times \%SOB)] - (FEZ \times \%FEZ) \times 100}{(ING \times \%ING) - (SOB \times \%SOB)}$$

onde:

ING = quantidade de alimento fornecido;

%ING = teor do nutriente no alimento fornecido;

SOB = quantidade de sobras retiradas;

%SOB = teor do nutriente nas sobras;

FEZ = quantidade de fezes coletadas;

%FEZ = teor do nutriente nas fezes.

O balanço de N é obtido subtraindo-se o total de N excretado nas fezes e na urina do total de N ingerido, representando o total de N que efetivamente ficou retido no organismo animal, conforme:

$$N \text{ RETIDO} = (N \text{ Fornecido} - N \text{ Sobras}) - (N \text{ Fezes} + N \text{ Urina}).$$

Os valores obtidos a partir da subtração do total de N ingerido, menos o N contido nas fezes, referem-se ao N absorvido, conforme:

$$N \text{ ABSORVIDO} = (N \text{ Fornecido} - N \text{ Sobras}) - N \text{ Fezes}.$$

Os valores de N (ingerido e excretado nas fezes e urina) foram obtidos a partir das análises químicas realizadas, conforme já mencionado.

3.1.8 Delineamento, modelo experimental e análises estatísticas

O ensaio de digestibilidade foi realizado em duas rodadas, sendo em cada uma delas utilizado um dos volumosos (Feno Coast-cross de alto e de baixo FDA). O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com número balanceado de repetições, em esquema fatorial 2x2x2, dois planos nutricionais (PN- A e PN- B), dois volumosos, sendo testado um por rodada, e dois sexos (6 machos e 6 fêmeas em cada grupo), totalizando 12 animais e vinte e quatro (24) parcelas experimentais.

As variáveis analisadas neste ensaio foram ingestões de matéria seca (MS) e extrato etéreo (EE) e digestibilidades da MS, PB, EE, FDN e NDT, além das variáveis ligadas ao balanço nitrogenado, como N ingerido, N fecal, N absorvido, N absorvido/N ingerido, N urinário, N retido, N retido/N ingerido, N retido/N absorvido e custo energético para excreção de nitrogênio. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste F a 5% de probabilidade, utilizando o software estatístico “SISVAR” (Ferreira, 2000). As médias obtidas com os desdobramentos das interações significativas foram comparadas entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O modelo estatístico empregado foi:

$$Y_{ijkl} = \mu + D_i + V_j + S_k + (DV)_{ij} + (DS)_{ik} + (VS)_{jk} + (DVS)_{ijk} + e_{ijkl}$$

em que:

Y_{ijkl} é a observação na dieta i , com o volumoso j e no sexo k , na repetição l ; μ é uma constante associada a todas observações; D_i é o efeito da dieta i , com $i = 1,2$; V_j é o efeito do volumoso j , com $j=1, 2$; S_k é o efeito do sexo

k, com k=1, 2; $(DV)_{ij}$, $(DS)_{ik}$, $(VS)_{jk}$, $(DVS)_{ijk}$, são os correspondentes das interações entre os fatores; e_{ijkl} é o erro experimental associado à observação Y_{ijkl} , que, por hipótese, tem distribuição normal com média zero e variância σ^2 . Todos os efeitos do modelo (exceto o erro) foram considerados como fixos. Adotou-se 5% como nível de significância nos procedimentos estatísticos (significância dos coeficientes de regressão e comparação entre médias pelo teste F).

3.2 Ensaio de desempenho

3.2.1 Local, instalações e período de realização

O ensaio de desempenho foi realizado nas instalações do Setor de Ovinocultura da UFLA, durante o período compreendido entre 08/05/2006 e 23/06/2006 (46 dias), sendo os primeiros 10 dias (08/05/2006 a 17/05/2006) destinados a permitir a adaptação dos animais, principalmente às instalações (bairas) e ao manejo. Foi objetivo alcançar, durante o período experimental, um ganho de peso médio total de 8 a 9 kg de peso vivo, uma vez que, ao final do ensaio, machos e fêmeas estariam ultrapassando os 33 kg de peso vivo, momento em que passariam a apresentar expressiva diferença na composição do ganho de peso entre sexos, dificultando a aplicação dos tratamentos experimentais. Os animais foram instalados em baias metálicas individuais adequadas para ensaios de desempenho, providas de comedouro e bebedouro.

3.2.2 Animais e alimentos

Foram utilizados vinte e quatro animais (12 machos e 12 fêmeas em crescimento) da raça Santa Inês, com peso médio inicial de 23,9 kg \pm 4,86 para machos e 24,5 kg \pm 3,75 para fêmeas. Os animais foram evermifugados uma única vez durante todo o ensaio experimental com endoparasiticida injetável (ivermectina 3,15%). A alimentação dos animais consistiu de dois fenos de capim coarsteross (*Cynodon dactylon* L. Pers.) triturado e ração concentrada. Foi

utilizado um moinho de martelo para proceder à moagem dos fenos, reduzindo o tamanho das partículas para aproximadamente um (01) cm. Para o preparo dos concentrados experimentais foram utilizados milho moído, farelo de soja, Farelo de Glúten de milho e suplemento mineral.

A caracterização nutritiva dos alimentos utilizados na elaboração das dietas experimentais do ensaio de desempenho está apresentado na Tabela 1.

3.2.3 Elaboração das rações e manejo alimentar

Após os animais terem sido pesados no início do período de adaptação, estes foram sorteados aos tratamentos e, de posse de seus pesos vivos, foram calculadas as rações, elaboradas segundo os princípios e recomendações estabelecidos no sistema britânico AFRC (1993). As dietas foram ajustadas duas vezes durante o experimento, acompanhando a evolução de peso dos animais.

Para fins de estimação das demandas diárias de energia metabolizável, foi proposto um ganho de peso médio diário da ordem de 235 g/animal/dia para os machos (equivale a 0,98% do PV/dia) e 180 g/animal/dia para as fêmeas (equivale a 0,75% do PV/dia), sendo o peso vivo inicial tomado como referência desta escala do ganho.

Dadas as diferenças preditas pelo sistema de alimentação quanto à composição corporal do ganho de peso entre machos e fêmeas, as rações assim definidas permitiram ajustar de forma equivalente as concentrações energéticas dietéticas entre os animais, colaborando para o estabelecimento de padrões fermentativos ruminais semelhantes entre eles.

Para se proceder à elaboração das rações, os animais tiveram seus consumos voluntários avaliados durante o período de adaptação. O objetivo deste procedimento foi aferir a capacidade dos animais em ingerir os alimentos que seriam fornecidos, em especial a capacidade de consumo possível de ser alcançada quanto aos alimentos volumosos (fenos triturados).

Inicialmente foram realizadas ofertas de alimentos considerando ingestões de matéria seca da ordem de 70 g de MS/kg PV^{0,75}, as quais foram elevadas até que houvesse a estabilização da ingestão, que se situou em torno de 85 g MS/kg PV^{0,75}, sendo, então, este valor assumido para o novo ajuste das rações (tratamentos) para o período experimental.

As rações fornecidas durante este período pré-experimental (adaptação) foram elaboradas seguindo os princípios que regeram a definição dos tratamentos já descritos para o ensaio de digestibilidade.

As rações experimentais foram preparadas para cada animal, conforme seu peso vivo, de acordo com os princípios do tratamento ao qual pertencia. Assim, não foi levada a efeito a confecção de rações considerando o peso médio de cada grupo de animais que compunha as parcelas de cada tratamento. Este procedimento foi assumido para que se impusesse a cada animal, dentro do tratamento do qual era integrante, a condição alimentar estritamente exata aos princípios do tratamento aplicado.

A alimentação dos animais ocorreu em duas refeições diárias, às 08:00 h e às 16:00 h. Todo o volumoso (feno triturado) foi fornecido de uma única vez, na refeição da manhã, sendo o concentrado fornecido 50% pela manhã e 50% à tarde. O fornecimento diário de alimentos considerou uma quantidade excedente de 20% do feno para permitir sobras de alimentação.

Os animais também receberam, adicionada ao concentrado, uma mistura mineral completa (macro e microminerais) para garantir o consumo de 15 g/animal/dia. Cada animal teve à sua disposição água limpa e fresca em tempo integral, em baldes plásticas adequados para este propósito.

3.2.4 Tratamentos

Os tratamentos do ensaio de desempenho foram elaborados seguindo os mesmos critérios descritos para o ensaio de digestibilidade. Para a definição dos

planos dietéticos, também foram consideradas condições que tanto priorizassem o atendimento da demanda de nitrogênio no rúmen, otimizando a síntese de proteína microbiana, como estabelecessem condições em que o atendimento das exigências nitrogenadas atendesse apenas as demandas dos animais, não necessariamente satisfazendo o potencial para incrementar a síntese de proteína microbiana ruminal.

Para a formulação das rações experimentais do ensaio de desempenho, a partir das equações estabelecidas no sistema AFRC (1993), foi efetuado primeiramente o cálculo das demandas energéticas de cada um dos animais em função das necessidades de manutenção (EM_m) e de ganho de peso vivo estabelecido (235g/dia – machos e 180g/dia - fêmeas). Uma vez tendo sido definida também a ingestão de matéria seca por kg de PV^{0,75} (85g), obteve-se uma densidade energética dietética muito semelhante entre as dietas correspondendo a aproximadamente 2,63 Mcal/kg MS (equivalendo a 11,00 MJ/kg MS ou ainda 72,71% NDT). A partir da estimativa de ingestão de energia metabolizável, foi realizada a estimativa de aporte de energia metabolizável fermentável (EM_{fe}) e, assim, pôde ser determinado o potencial de síntese de proteína microbiana a partir da equação proposta no sistema AFRC (1993), conforme (valores expressos em g PB/Mcal de EM_{fe} inferida):

$$Y_{PBmic} = (7 + 6 \times (1 - e^{(-0,35 \cdot L)}),$$

em que L refere-se, segundo o sistema AFRC (1993), ao nível de produção e é resultante da razão entre a ingestão total de energia metabolizável fermentável e a exigência de energia metabolizável para manutenção, conforme:

$$(L = IEM_{fe} / EM_m).$$

A obtenção dos valores de EM_{fe} está relacionada com as concentrações de energia metabolizável e de extrato etéreo (EE) dos alimentos e é possibilitada por meio da equação:

$$EM_{fe} \text{ (Mcal/kg MS)} = EM \text{ (Mcal/kg MS)} - (8,37 \times [EE] \text{ (g/kg MS)}).$$

O potencial de síntese de proteína bruta microbiana (Y - expresso em g/dia), é função do aporte de energia metabolizável ingerida, sendo obtido pela expressão:

$$Y = IEM_{fe} \times Y_{PB\mu g}$$

Posto que o sistema AFRC (1993) assume que a exigência de PDR efetiva seja igual a 1 (100%) do crescimento microbiano estimado, tem-se que:

$$Y \text{ (em g/dia)} = \text{Exigência de PDR (em g/dia)}.$$

Na Tabela 5 estão apresentadas as proporções dos ingredientes nas dietas experimentais e suas composições nutricionais estimadas para o ensaio de desempenho.

TABELA 5 Proporção dos ingredientes, composições nutricionais estimadas, consumo predito de matéria seca e de nutrientes e exigências estimadas de nutrientes nas rações experimentais (valores médios por tratamento) do ensaio de desempenho (em base seca).

Alimentos	Tratamentos							
	A		A		B		B	
	FB/M	FA/M	FB/F	FA/F	FB/M	FA/M	FB/F	FA/F
Proporções (% da MS)								
Feno Coastross. ^{A-FDA}	-	30,33	-	34,52	-	32,52	-	36,40
Feno Coastross. ^{B-FDA}	31,91	-	35,21	-	33,82	-	31,18	-
Milho moído	49,33	46,97	46,55	43,16	62,15	62,07	64,79	60,29
Farelo de Soja	17,35	21,18	16,82	20,92	-	-	-	-
Glutenose	-	-	-	-	2,58	3,95	2,47	1,87
Supl. Mineral	1,41	1,52	1,42	1,40	1,45	1,46	1,56	1,44
TOTAL (%)	100							
Composição nutricional								
EM (Mcal/kg)	2,60	2,67	2,60	2,61	2,66	2,66	2,68	2,61
PB (% MS)	16,35	16,55	16,20	16,30	10,8	10,1	9,4	8,8
PDR (% MS)	10,42	10,54	10,34	10,42	5,85	4,42	5,52	4,00
PDR (% PB)	63,73	63,69	63,83	63,93	54,17	43,76	58,72	45,45
PM (% MS)	11,07	11,36	10,83	11,12	7,29	7,26	6,89	6,13
PM (% PB)	67,71	68,64	66,85	68,22	67,50	71,88	73,30	69,66
Ingestão de MS (g)	1116	1037	1092	1169	1084	1057	960	1149
Ingestão de EM (Mcal)	2,90	2,77	2,84	3,05	2,88	2,81	2,57	3,00
Exigência de EM (Mcal)	2,90	2,77	2,84	3,05	2,88	2,81	2,57	3,00
Ingestão de PDR (g)	116	109	113	122	63	47	53	46
Exigência de PDR (g)	116	109	113	122	113	110	100	120
Balanco de PDR	0,00	0,00	0,00	0,00	-50	-63	-47	-74
Ingestão de PM (g)	124	118	118	130	79	77	66	70
Exigência de PM (g)	77	71	75	81	79	77	66	70
Balanco de PM (g)	+47	+47	+43	+49	0,00	0,00	0,00	0,00
Sobra / Exigência (%)	61,04	66,19	57,33	60,49	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%

3.2.5 Coleta de alimentos e sobras

Os alimentos fornecidos foram amostrados semanalmente e as amostras foram posteriormente homogeneizadas, formando uma única amostra composta por alimento. Diariamente, o alimento recusado (sobras) era recolhido antes do fornecimento da refeição matutina, pesado e amostrado (em torno de 35% da sobra total).

Todas as amostragens feitas dos alimentos ofertados e das sobras foram congeladas a -20 °C para posteriores análises químico-bromatológicas.

3.2.6 Análises bromatológicas

Para a determinação da matéria pré-seca dos alimentos utilizou-se estufa com circulação forçada de ar com temperatura regulada para 60 °C por 72 horas. Após a pré-secagem, as amostras foram moídas em moinho tipo Willey com peneira de um (1) mm.

Todas as amostras de alimentos e de sobras foram analisadas para determinação da matéria seca (MS) e da proteína bruta (PB) segundo as metodologias descritas por Silva & Queiroz (2002). Também foram analisadas para determinação das concentrações de fibras insolúveis em detergente neutro (FDN) e ácido (FDA), segundo os procedimentos recomendados por Goering & Van Soest (1970), e foi efetuado o fracionamento da PB de todas as amostras (alimentos e sobras) segundo metodologias descritas por Malafaia & Vieira (1997) e Reis (2005).

3.2.7 Delineamento, modelo experimental e análises estatísticas

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com oito tratamentos e três repetições (balanceado) em esquema fatorial 2x2x2, sendo dois Planos Nutricionais (A e B) conforme descritos para o ensaio de

digestibilidade, dois Volumosos (Feno de Coast-cross com alto e baixo FDA) e dois Sexos (12 machos e 12 fêmeas em cada grupo), totalizando 24 animais.

As variáveis analisadas neste ensaio foram o ganho de peso médio diário, a conversão alimentar e as ingestões de matéria seca (MS). Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste de F a 5% de probabilidade, utilizando o software estatístico “SISVAR” (Ferreira, 2000). As médias obtidas com os desdobramentos das interações significativas foram comparadas entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O modelo estatístico empregado foi:

$$Y_{ijkl} = \mu + D_i + V_j + S_k + (DV)_{ij} + (DS)_{ik} + (VS)_{jk} + (DVS)_{ijk} + e_{ijkl}$$

em que:

Y_{ijkl} é a observação na dieta i , com o volumoso j e no sexo k , na repetição l ; μ é uma constante associada a todas as observações; D_i é o efeito da dieta i , com $i = 1, 2$; V_j é o efeito do volumoso j , com $j = 1, 2$; S_k é o efeito do sexo k , com $k = 1, 2$; $(DV)_{ij}$, $(DS)_{ik}$, $(VS)_{jk}$, $(DVS)_{ijk}$, são os correspondentes das interações entre os fatores; e_{ijkl} é o erro experimental associado à observação Y_{ijkl} , que, por hipótese, tem distribuição normal com média zero e variância σ^2 . Todos os efeitos do modelo (exceto o erro) foram considerados como fixos. Adotou-se 5% como nível de significância nos procedimentos estatísticos (significância dos coeficientes de regressão e comparação entre médias pelo teste F).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos para todas as variáveis analisadas, tanto no ensaio de digestibilidade e balanço nitrogenado como no de desempenho, foram submetidos ao teste de normalidade (Shapiro-Wilk) e foi confirmada a distribuição normal para os valores obtidos.

4.1 Ensaio de Digestibilidade e Balanço Nitrogenado

4.1.1 Ensaio de Digestibilidade

Os ensaios *in vivo* sobre digestibilidade normalmente referem-se à digestibilidade aparente, ou seja, não sendo computado fator endógeno presente nas excreções.

Com base na avaliação dos consumos efetivados no ensaio de digestibilidade, pode-se observar que a IMS (g MS/kg PV^{0,75}) foi maior (P<0,001) para a Plano Nutricional - A (PN- A) quando comparada à Plano Nutricional -B (PN- B). Tal efeito muito provavelmente esteve relacionado à maior concentração de PDR na PN- A, que favoreceu a fermentação ruminal da fração fibrosa. Neste caso, em dietas ricas em carboidratos fibrosos (CF) a deficiência nitrogenada ruminal pode ter resultado em uma significativa depressão da fermentação da fibra, criando condições para que o efeito denominado de “*rumen fill*” (ou enchimento ruminal) passe a se manifestar (Russell et al., 1992; Tedeschi et al., 2000).

TABELA 6 Consumos médios de matéria seca (g MS/ kg PV^{0,75}) observados para o ensaio de digestibilidade e balanço nitrogenado.

FATORES EXPERIMENTAIS	IMS (g MS/PV ^{0,75})
<i>Plano Nutricional - A</i>	0,086 a
<i>Plano Nutricional - B</i>	0,072 b
<i>Machos</i>	0,082 a
<i>Fêmeas</i>	0,076 b
<i>Feno Coast-cross^{B-FDA}</i>	0,082 a
<i>Feno Côast-cross^{A-FDA}</i>	0,077 b
CV (%)	5,85

Médias de tratamentos (dentre fatores) seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste F com nível de significância de 5%. CV (%) coeficiente de variação.

Observações semelhantes foram descritas na literatura, nas quais a limitação de nitrogênio ruminal pode reduzir o fluxo microbiano ruminal (Kang-Mesnarich et al., 1980; Satter & Slyter, 1974; NRC, 1985), além de deprimir a fermentação da fibra (Russell, 1992) e reduzir o consumo de matéria seca NRC (1985; 1987) e Van Soest (1994). Correlações significativas entre as concentrações dietéticas de proteína degradável no rúmen e o consumo voluntário também foram reportadas por diversos experimentos (Allawa et al., 1986 e Allawa et al., 1987 citados por Forbes, 1995).

Além disso, em situações de maior consumo, a taxa de passagem aumenta, reduzindo a degradação das frações nutritivas conforme CNCPS (2003) citado por Fox et al. (2003). Porém, é possível que este efeito na comparação entre Planos Nutricionais tenha sido menos expressivo que o efeito do não atendimento da PDR.

Por outro lado, a comparação do consumo voluntário obtido entre Sexos permitiu neutralizar os efeitos dos Planos Nutricionais (uma vez que ambos

participavam de ambos os sexos) e foi capaz de evidenciar o efeito da taxa de passagem sobre o consumo e, possivelmente, sobre a digestibilidade da matéria seca. Neste caso, os machos, por terem manifestado maior ingestão voluntária ($P < 0,05$), possivelmente apresentaram maior taxa de passagem (k_p) e, conseqüentemente, menor digestibilidade da MS da dieta, como de fato foi observado (TABELAS 6 e 7).

O consumo voluntário das dietas cujo volumoso foi composto por Feno de Coast-cross^{B-FDA} foi maior que as compostas por Feno de Coast-cross^{A-FDA}. Porém, não houve diferença significativa ($P > 0,05$) para a digestibilidade aparente da matéria seca entre os volumosos avaliados, provavelmente devido a baixa participação destes nas dietas (aproximadamente 35,5% da MS).

Na Tabela 7 estão apresentados os coeficientes de digestibilidade aparente (D_{ap}) dos nutrientes MS, PB, FDN, carboidratos não fibrosos (CNF) e EE. Foi verificada diferença significativa ($P < 0,05$) para $D_{ap}MS$ entre os Planos Nutricionais (PN) A e B, sendo a $D_{ap}MS$ do PN- A melhor do que a do PN- B, o que esta de acordo com o modelo CNCPS-Sheep (2004), que conseguiu prever uma redução na digestibilidade da MS quando o plano dietético não atende as exigências de PDR para otimizar a fermentação e crescimento microbiano ruminal.

TABELA 7 Digestibilidade aparente média da matéria seca (MS), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), extrato etéreo (EE) e respectivos teores de NDT e concentração de EE na base seca do ensaio de digestibilidade.

Fatores Experimentais	D _{ap} MS ¹	D _{ap} PB ¹	D _{ap} FDN ₁	D _{ap} CNF ¹	D _{ap} EE ¹	NDT ²	[EE] ³
	(%)					(% MS)	
<i>Plano Nutricional - A</i>	68,51 a	77,48 a	48,38 a	82,06 a	87,51 b	73,47 b	3,37 b
<i>Plano Nutricional - B</i>	64,34 b	63,21 b	34,20 b	80,40 a	92,74 a	76,38 a	5,70 a
<i>Machos</i>	64,57 a	69,09 a	40,03 a	79,83 b	87,44 b	72,02 b	4,20 b
<i>Fêmeas</i>	68,32 b	71,60 a	42,55 a	82,63 a	92,81 a	77,82 a	4,82 a
<i>Feno Coast-cross^{B-FDA}</i>	65,74 a	69,50 a	49,00 a	80,06 a	91,46 a	75,49 a	4,40 a
<i>Feno Coas-tcross^{A-FDA}</i>	67,15 a	71,19 a	33,58 b	82,40 a	88,79 a	74,36 a	4,67 a
CV (%)	5,61	4,99	16,40	3,50	4,24	4,49	9,58

Médias de tratamentos (dentro dos fatores) seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste F com nível de significância de 5%.
CV (%) coeficiente de variação.

¹ **D_{ap}** : Digestibilidade aparente (D_{ap}) da matéria seca (MS), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), carboidratos fibrosos (CNF) e extrato etéreo (EE).

² **NDT**: Nutrientes digestíveis totais calculado conforme CNCPS (2003): $NDT = D_{ap}PB + D_{ap}FDN + D_{ap}CNF + (2,25 \times D_{ap}EE)$

³ **[EE]**: Concentração média de extrato etéreo das dietas, expresso em % da MS

Pôde-se observar, também, diferença ($P < 0,01$) na digestibilidade aparente da proteína bruta (PB) entre os Planos Nutricionais (em favor da PN-A), o que era esperado, uma vez que este plano nutricional continha maior teor de PB quando comparado ao PN-B (15,85% contra 8,8% PB na MS, respectivamente) e, assim, apresentava maior proporção de proteína digestível.

Em pesquisas nas quais os níveis de PDR dietéticos foram elevados (maiores que 55% da PB), normalmente os coeficientes de digestibilidade da PB também foram elevados como o observado na presente pesquisa (PN-A, ao redor de 70%), e também nos trabalhos de Lizieire et al. (1990); Araújo et al. (1994); Rennó (2003) e Zeoula et al. (2006). Entretanto, Salvador (2007) recentemente reportou, em um plano nutricional que restringia a PDR (equivalente ao PN-B deste trabalho), uma digestibilidade para a PB ligeiramente inferior à observada no presente estudo (50,75% vs. 63,21%, respectivamente). Tal observação se explica, uma vez que os dois planos nutricionais foram aplicados a animais de mesma categoria, porém com o objetivo de alcançar desempenhos diferentes. Quando o plano nutricional busca maior desempenho animal, a densidade energética da dieta aumenta e, com isso, a participação dos alimentos concentrados também. Assim, apesar das concentrações de PB serem semelhantes entre os trabalhos, havia maior proporção de proteína proveniente de alimentos concentrados no presente estudo, o que favorece a maior digestibilidade da proteína observada.

No entanto, a literatura também apresenta resultados de digestibilidade reduzidos, em torno de 50%, mesmo quando as condições dietéticas envolvem fontes protéicas de alta e de baixa degradabilidade, como pode ser constatado nos trabalhos de Dutra et al. (1997 - farelo de soja vs. Farelo de glúten de milho+farinha de sangue, e $D_{ap}PB$ menores que 53%); Sampaio et al. (2000 - farelo de algodão vs. levedura de cana-de-açúcar vs. uréia, $D_{ap}PB$ médio de

53%) e Fregadolli et al. (2001 - levedura de cana-de-açúcar VS farelo de algodão + farinha de carne e ossos, $D_{ap}PB$ médio de 54%).

A fermentação ruminal e o fluxo de nutrientes que escapam à esta fermentação podem ser preditos pelo modelo CNCPS a partir do consumo das frações de carboidratos e proteínas, suas taxas de digestão (k_d), taxas de passagem (k_p) e crescimento microbiano sobre carboidratos fibrosos (CF) e carboidratos não fibrosos (CNF) condicionados por um pH ruminal particular. Neste sentido, é interessante verificar se os comportamentos observados sobre a D_{ap} das frações CF e CNF dos diferentes Planos Nutricionais puderam ser preditos também pelo CNCPS-Sheep (2004).

As digestibilidades aparentes verificadas para os CNF não diferiram ($P>0,05$) entre os fatores estudados. Uma possível explicação foi apresentada por Russell (1998) quando descreveu que bactérias que fermentam CNF conseguiram desperdiçar energia (“*energy spilling*”) quando o N foi limitante, sendo possível que a digestão do CNF possa não ser prejudicada afetada por esta condição. No entanto, o autor descreve que a limitação nitrogenada tem um efeito negativo sobre a digestão dos carboidratos fibrosos (Russell, 1998). Neste sentido, foi detectado efeito ($P<0,001$) na $D_{ap}FDN$ entre Planos Nutricionais PN-A e PN-B em favor da PN-A independentemente do sexo e da fonte volumosa. Este resultado corrobora as previsões do modelo CNCPS (2004) e de Russell (1998), que obtiveram redução na digestibilidade desta fração de carboidrato em função da restrição da PDR proposta no PN-B.

Em contraste a esta expectativa, em pesquisa recente, Salvador (2007) estudou o efeito da redução da PDR sobre desempenho e digestibilidade dos nutrientes em ovinos Santa Inês e não verificou redução na digestibilidade aparente da FDN_N (fibra detergente neutro corrigida para nitrogênio), sendo observados valores de 60,02% de digestibilidade para a dieta com PDR ajustada e 57,19% de digestibilidade para a dieta com PDR restringida. Cabe observar

que, no referido estudo, apesar de a fonte volumosa utilizada ter sido Feno de Coast-cross, a qualidade do feno (PB: 8,02% MS; PDR: 3,39% MS; PM: 4,94% MS; FDN_N: 76,91% MS e FDA_N: 47,22% MS) foi superior à do presente estudo.

Diferenças na D_{ap}FDN também foram observadas (P<0,01) ao se isolarem os efeitos das fontes volumosas. A D_{ap}FDN do Feno de Coast-cross^{B-FDA} foi superior (P<0,001) à verificada para o Feno de Coast-cross^{A-FDA}, evidenciando a melhor qualidade da fibra do Feno de Coast-cross^{B-FDA}.

Porém, quando analisados os coeficientes de digestibilidade aparente da fração extrato etéreo (EE) entre Planos Nutricionais (PN) observou-se diferença significativa (P<0,01) entre elas. Isso se justificou uma vez que houve maior (P<0,01) concentração de extrato etéreo para o PN- B que para o PN- A. A redução da PDR obtida com o PN- B resultou em maior participação de milho nesta formulação, que, por sua vez, apresenta maior concentração de EE que o farelo de soja. Assim, a maior ingestão de extrato etéreo pode ter favorecido a maior D_{ap} deste nutriente. Também foi observada diferenças entre Sexos (P<0,01) para a concentração dietética de EE, o que também pode justificar a maior D_{ap} EE encontrada para as Fêmeas.

Segundo Gill et al. (1989), o propósito de um modelo é descrever matematicamente a resposta de cada compartimento ou de vários compartimentos associados a uma variável ou a combinações de variáveis.

Uma vez descritos os efeitos dos tratamentos sobre a digestibilidade aparente dos nutrientes isoladamente, cabe analisar seus efeitos sobre a estimativa dos nutrientes digestíveis totais (NDT). Para este parâmetro, houve diferença (P<0,01) na estimativa do NDT tanto entre Planos Nutricionais como entre Sexos, porém sem interação entre os fatores estudados. Estas observações se explicam uma vez que, tanto para o PN- A como para as “Fêmeas”, foi observada maior concentração de EE na MS ingerida, e sendo a fração digestível

do EE ponderada pelo fator 2,25 no cálculo do NDT, suas estimativas geraram maiores valores para os referidos tratamentos.

O fato de a $D_{ap}MS$ observada no PN- A não ter gerado maior NDT quando comparada à do PN- B também pode ser explicado pelo maior consumo de EE digestível ter sido observado na PN- B, superando (em termos energéticos) a maior digestibilidade da matéria seca observada no PN- “A”.

4.1.2 Ensaio balanço nitrogenado

Na Tabela 8 constam os resultados obtidos no estudo do balanço de nitrogênio aferido em função dos tratamentos. O balanço refere-se ao nitrogênio retido após terem sido subtraídas, do montante ingerido, as quantidades excretadas via fezes e urina. Foi observado efeito dos tratamentos ($P < 0,05$) sobre praticamente todas as variáveis consideradas no balanço nitrogenado.

A diferença observada ($P < 0,01$) para o total de N ingerido entre os Planos Nutricionais A e B obedece à ordenação classificatória dos consumos de PB entre elas, os quais, por sua vez, são advindos de teores de PB diferentes entre os Planos Nutricionais. Assim, entre os três fatores estudados, apenas o Plano Nutricional incorporava diferença significativa para o consumo de nitrogênio, refletindo as situações de atendimento e não atendimento à PDR e evidenciando, assim, a efetivação dos tratamentos propostos entre os fatores experimentais.

TABELA 8 Resultados do balanço de nitrogênio verificados para os tratamentos no ensaio de Digestibilidade.

Fatores Experimentais	N inger.	N fezes	N absorv.	N absv./ N inger.	N urina	N retido	N ret./ N inger.	N ret./N absorv.	Custo de Uréia
	(g/dia)	(g/dia)	(g/dia)	(%)	(g/dia)	(g/dia)	(%)	(%)	(Mcal/dia)
<i>Plano Nutricional - A</i>	36,98 a	8,43 a	29,07 a	77,48 a	11,68 a	17,39 a	46,62 a	59,90 a	0,085 a
<i>Plano Nutricional - B</i>	16,26 b	6,00 b	10,26 b	63,21 b	5,19 b	5,07 b	31,97 b	51,27 a	0,038 b
<i>Machos</i>	26,85 a	7,71 a	19,72 a	69,08 a	8,35 a	11,32 a	38,69 a	55,55 a	0,061 a
<i>Fêmeas</i>	26,39 a	6,71 a	19,72 a	71,06 a	8,52 a	11,14 a	39,90 a	55,62 a	0,062 a
<i>Feno Coastcross^{B-FDA}</i>	26,87 a	7,27 a	19,62 a	71,19 a	6,24 b	13,38 a	47,93 *	69,28 *	0,077 a
<i>Feno Coastcross^{A-FDA}</i>	26,36 a	7,15 a	19,72 a	69,50 a	10,63 a	9,08 b	30,66 *	41,89 *	0,045 b
CV (%)	15,44	22,95	15,74	4,99	36,96	24,45	24,01	21,45	36,82

Médias de tratamentos (dentro dos fatores) seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste F com nível de significância de 5%.

CV (%) coeficiente de variação.

Valores seguidos por * apresentaram interação significativa ($P < 0,001$) pelo teste de Tukey e serão discutidos mediante seus desdobramentos.

Nomenclatura: Nitrogênio (N) ingerido (**inger.**); excretado nas fezes (**fezes**); absorvido (**absorv.**); excretado na urina (**urina**); retido (**retido**); retido em relação ao ingerido (**ret./inger.**); retido em relação ao absorvido (**ret./absorv.**)

Da mesma forma, foram observadas diferenças ($P < 0,01$) na excreção de nitrogênio fecal apenas entre os Planos Nutricionais A e B, independentemente dos demais fatores. O PN - A apresentou maior excreção de nitrogênio fecal comparado ao PN - B, também obedecendo à classificação dos teores de PB entre as dietas.

Trabalhos que levaram em consideração a investigação de concentrações crescentes de PB na dieta (Lizieri et al., 1990; Rennó, 2003; Cavalcante et al., 2006), ou que estabeleceram condições de dietas isonitrogenadas, porém elaboradas com fontes protéicas diferentes (o que pode resultar em diferentes proporções de PDR na dieta), como o de Salman et al. (1997), ou ainda pesquisas que avaliaram o balanço nitrogenado em condições de gradientes de concentrações de PDR na dieta (Lizieri et al., 1990; Oliveira Júnior et al., 2004; Zeoula et al., 2006; Salvador, 2007), não identificaram diferenças nas excreções fecais de nitrogênio. Por outro lado, existem também pesquisas que identificaram excreções fecais de N diferentes entre os tratamentos quando estes eram caracterizados por níveis diferentes de PB (Valadares et al., 1997a) pelo uso de diferentes fontes protéicas (Ezequiel et al., 2000; Sampaio et al., 2000) ou, ainda, pela elevação da proporção de PDR dietético (Araújo et al., 1994).

Van Soest (1994) afirmou que as perdas fecais de nitrogênio são menos flexíveis que as urinárias e correspondem, em média, a 0,6% do total de matéria seca ingerida e entre 3 e 4% do total de PB ingerida. No presente estudo, a excreção fecal de N média situou-se ajustada a estes patamares (0,6% da MS e 3,82% da PB, para PN- A e 0,5% da MS e 5,56% da PB, para o PN- B).

O nitrogênio absorvido (N absorv.) e o nitrogênio absorvido em relação ao ingerido (N absorv./N inger.), como consequência dos parâmetros de ingestão e excreção fecal, diferiram apenas ($P < 0,01$) entre Planos Nutricionais, alcançando maiores resultados no PN- A.

Entretanto, efeitos relevantes entre os tratamentos começam a ser percebidos a partir da análise da excreção de nitrogênio urinário. A excreção urinária de nitrogênio foi maior ($P < 0,01$) para o PN- A que para o PN- B, evidenciando que uma menor ingestão de PDR favorece a redução da excreção urinária de nitrogênio, conforme previsto pelo modelo do CNCPS-Sheep (2004). Swanson et al. (2004) também reportaram que a redução da PDR, abaixo dos requerimentos para maximizar a retenção nitrogenada, resulta na redução da excreção de nitrogênio urinário.

Cabe o questionamento, porém, se o custo metabólico gerado pela sobra de proteína metabolizável (obtido pela otimização do crescimento microbiano e digestibilidade ruminal) agregará mais benefícios quando comparado à estratégia de reduzir a sobra de proteína metabolizável (sob pena de reduzir digestibilidade dos CF), gerando, assim, economia metabólica ao organismo do animal, financeira ao sistema e se é ecologicamente mais adequada. A resposta, no entanto, em um primeiro momento parece ser simples, mas se analisada em profundidade e levando em consideração os benefícios econômicos que poderia trazer aos sistemas produtivos a redução da PDR, demandará outros questionamentos para que seja adequadamente respondida.

Observando os resultados verificados para a excreção urinária de nitrogênio, diferença significativa ($P < 0,01$) também foi observada entre os Volumosos (Fenos: Coast-cross^{A-FDA} e Coast-cross^{B-FDA}), independentemente do Sexo.

Huntington (1989) e Ferrell et al. (2001) sugeriram que a uréia reciclada é uma grande fonte de N para o trato digestório, tendo grande influencia na economia de nitrogênio em dietas com alta proporção de concentrados.

Segundo o ARC (1980), se o balanço de nitrogênio no rúmen for negativo, ou seja, se o requerimento for maior que a soma do suprimento dietético e da reciclagem do nitrogênio, o crescimento microbiano será

deprimido, mas se a energia fermentável for o primeiro nutriente limitante, a produção de proteína microbiana será ditada pela energia e não pelo nitrogênio ruminal que pode estar disponível. Assim, uma vez que a disponibilidade de nitrogênio ingerido entre Volumosos foi a mesma, a maior excreção urinária de nitrogênio pode ser explicada pela menor digestibilidade aparente observada na FDN do Feno de Coast-cross^{A-FDA}, que possivelmente tenha restringido o crescimento microbiano ruminal e a retenção nitrogenada como proteína microbiana.

Chalupa et al. (1970) comentam que maiores excreções nitrogenadas via urina são decorrentes de excesso de N solúvel na dieta ou da ineficiência no aproveitamento deste pelos microrganismos ruminais, principalmente quando em condições de excessos de PB. De fato, os dados de trabalhos em que se promoveu elevação da concentração de PB ou da participação da PDR na dieta mostram aumentos na excreção do nitrogênio por meio da urina (Lizieri et al., 1990; Valadares et al., 1997a; Swanson et al., 2004; Cavalcante et al., 2006; Salvador, 2007).

Uma vez verificados os efeitos da excreção fecal e urinária de nitrogênio, os resultados da retenção de nitrogênio ficam mais evidente entre os tratamentos. Foram detectadas diferenças ($P < 0,01$) para a retenção nitrogenada entre os Planos Nutricionais e Volumosos. No entanto, embora tenha sido verificada interação significativa ($P < 0,05$) para Volumoso vs. Sexo, o desdobramento desta interação conseguiu identificar apenas efeito significativo entre uma das quatro comparações testadas, não sendo significativa ($P > 0,05$) a diferença entre as demais combinação, descaracterizando-se, assim, seu efeito.

Ao se calcularem as proporções de N urinário em relação ao consumo total de N, obtêm-se os resultados de 31,6 e 31,9% para o PN- A e PN- B, respectivamente, e 23,2 e 40,3% para os Volumosos Feno de Coast-cross^{B-FDA} e Feno de Coast-cross^{A-FDA}, respectivamente. Estes resultados sugerem, pela

discrepância entre os valores observados no PN- B, a existência de um efeito até então não detectado proveniente da fonte volumosa dentro do plano nutricional.

Para a relação de N retido em relação ao nitrogênio ingerido foram encontradas diferenças ($P < 0,01$) entre Planos Nutricionais e Volumosos. Entretanto, por ter sido observada significância ($P = 5,97$) para a interação entre estes fatores, foi feito o desdobramento e a comparação de médias desta interação, em função da baixa margem de erro encontrada.

A Tabela 9 apresenta os resultados do desdobramento da interação (Plano Nutricional vs. Volumosos) observada para a variável nitrogênio retido dividido pelo nitrogênio ingerido (**N ret./N inger.**).

TABELA 9 Proporção de N retido em relação ao N ingerido sob a perspectiva do desdobramento da interação Plano Nutricional vs. Volumoso, ensaio balanço nitrogenado.

N retido/ N inger. (Dieta x Volumoso)	Plano Nutricional	Plano Nutricional	Médias
	A	B	
	(%)		
Feno Coast-cross ^{A-FDA}	41,90 aA	19,43 bB	30,66
Feno Coast-cross ^{B-FDA}	51,35 aA	44,50 aA	47,93
Médias	46,62	31,97	

Médias de tratamentos seguidas de mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem entre si pelo teste Tukey com nível de significância de 1%.

Plano Nutricional A: Atende exigência de PDR conforme preconizado pelo AFRC (1993);

Plano Nutricional B: Restringe a PDR, limitando a atender a exigência de PM do animal;

Feno de *Cynodon dactylon* L. Pers. c/ alto teor de FDA (**Feno Coast-cross^{A-FDA}**);

Feno de *Cynodon dactylon* L. Pers. c/ baixo teor de FDA (**Feno Coast-cross^{B-FDA}**)

Neste desdobramento, foi encontrada interação significativa ($P < 0,01$) para a proporção de N retido em relação N absorvido, entre os planos nutricionais e fonte volumosa. O percentual de N retido em relação ao N ingerido mostrou-se dependente da fonte volumosa somente para o PN- B (que

restringe a PDR), e como a única diferença observada entre volumosos esteve ligado à $D_{ap}FDN$, o fator predisponente à maior retenção de nitrogênio provavelmente está ligado à digestibilidade da FDN da fonte volumosa, confirmando novamente que quando há falta de energia metabolizável fermentável no sistema, a retenção de nitrogênio poderá ser comprometida pela redução do crescimento microbiano ruminal (ARC, 1980).

Porém, quando a comparação entre médias teve como base o N retido em relação ao N absorvido, foi verificada diferença significativa ($P < 0,01$) para a interação Plano Nutricional vs. Volumoso. Neste caso, ficou bem evidente o efeito desta interação sobre a proporção de nitrogênio retido em relação ao absorvido. Os resultados deste desdobramento são apresentados na Tabela 10.

TABELA 10 Proporção de N retido em relação ao N absorvido sob a perspectiva do desdobramento da interação Plano Nutricional vs. Volumoso, ensaio balanço nitrogenado.

N retido/ N absorv. (Dieta x Volumoso)	Plano Nutricional	Plano Nutricional	Médias
	A	B	
	(g N /dia)		
Feno Coast-cross ^{A-FDA}	54,05 aA	29,73 bB	30,66
Feno Coast-cross ^{B-FDA}	72,80 aA	65,75 aA	47,93
Médias	46,62	31,97	

Médias de tratamentos seguidas de mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem entre si pelo teste Tukey com nível de significância de 1%.

Plano Nutricional A: Atende exigência de PDR conforme preconizado pelo AFRC (1993);

Plano Nutricional B: Restringe a PDR, limitando a atender a exigência de PM do animal;

Feno de *Cynodon dactylon* L. Pers. c/ alto teor de FDA (**Feno Coast-cross**^{A-FDA})

Feno de *Cynodon dactylon* L. Pers. c/ baixo teor de FDA (**Feno Coast-cross**^{B-FDA})

Embora também tenha sido verificada interação significativa ($P < 0,05$) para Volumoso vs. Sexo, pelo critério estatístico adotado neste trabalho, o desdobramento desta interação só conseguiu identificar efeito significativo entre uma das quatro comparações avaliadas, não sendo significativa ($P > 0,05$) a diferença entre as demais combinações, descaracterizando-se, assim, seu efeito.

Com base na excreção urinária de nitrogênio pôde-se calcular o custo energético para excreção do nitrogênio considerando o modelo proposto por Tyrrell (1970). Uma vez que sua eliminação se faz na forma de uréia, optou-se por denominá-la de “custo de uréia”, conforme CNCPS para ovinos (2004). Novamente houve diferenças entre dietas, favorecendo PN- B como o plano nutricional de menor gasto energético para excreção de nitrogênio. Também foi evidenciada diferença no custo de uréia ($P < 0,01$) para volumosos, não sendo significativo o desdobramento da interação Dieta x Volumoso. No entanto, cabe ressaltar as interdependências evidenciadas entre os fatores (dieta e volumoso) sobre o balanço nitrogenado e considerá-los em termos práticos sobre o custo energético para excreção nitrogenada.

4.2 Ensaio de desempenho

4.2.1 Consumo de matéria seca

Na Tabela 11 podem ser visualizados os resultados dos consumos de matéria seca efetivados para os tratamentos durante o ensaio de desempenho. Nota-se que foi detectada diferença entre os Planos Nutricionais ($P < 0,001$) e entre Sexos ($P < 0,05$).

TABELA 11 Consumo voluntário de matéria (IMS), ganho médio diário (GMD) e conversão alimentar (C.A.) verificados no ensaio de desempenho.

FATORES EXPERIMENTAIS	IMS (g MS/PV^{0,75})	GMD (g/animal/dia)	C.A. (kg MS/kg ganho)
<i>Plano Nutricional - A</i>	84,17 a	232,41 a	4,73 a
<i>Plano Nutricional - B</i>	75,42 b	201,25 a	4,75 a
<i>Machos</i>	82,08 a	239,50 a	4,34 a
<i>Fêmeas</i>	77,50 b	194,17 b	5,14 a
<i>Feno Coastcross^{B-FDA}</i>	81,50 a	221,75 a	4,80 a
<i>Feno Coastcross^{A-FDA}</i>	78,08 a	211,92 a	4,68 a
CV (%)	6,10	22,17	28,18

Médias entre os fatores experimentais seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste F com nível de significância de 5%.

Valadares et al. (1997b) comentam que avaliar ingestão de matéria seca ou outro nutriente quando expressos em termos totais não parece adequado por dificultar comparações entre experimentos, e mesmo dentro de experimentos, em face da variação do peso vivo entre os animais. Geralmente ocorre aumento de consumo com o aumento de peso corporal, o que indica ser mais conveniente expressar consumos em função do peso corporal.

A diferença dos consumos entre os Planos Nutricionais provavelmente esteja relacionada à maior concentração de PDR inerente ao PN- A, favorecendo, assim, a fermentação ruminal da fração fibrosa. O efeito da deficiência nitrogenada ruminal em dietas ricas em CF, deprimindo a fermentação da fibra, gera condições para que o efeito denominado de “*rumen fill*” passe a se manifestar (Russell et al., 1992; Tedeschi et al., 2000). Citações semelhantes foram descritas na literatura, nas quais a limitação de nitrogênio ruminal pode reduzir o consumo de matéria seca NRC (1985; 1987) e Van Soest (1994).

No entanto, Salvador (2007), em ensaio com ovinos submetidos a planos nutricionais semelhantes aos estudados neste trabalho não encontrou diferenças entre consumos reportando valores de 79,76 (quando atendida a PDR) e 73,80 g MS/kg PV^{0,75} (quando restringida a PDR). As discordância entre as observações obtidas por Salvador (2007) e as verificadas neste trabalho, possivelmente estejam relacionadas à maior participação dos volumosos nas dietas utilizadas por Salvador (2007). Em ambos os estudos foram utilizados Feno de Coast-cross).

A *Fome* e o *Apetite* são termos utilizados para descrever o desejo de comer dos animais. A *Fome* tende a denotar efeitos metabólicos de curto prazo, como os que acontecem entre e depois das refeições, além do momento do consumo, enquanto *apetite* tem implicações concernentes à quantidade consumida e com os fatores fisiológicos que contribuem para a sensação de consumo. Um platô de consumo é determinado em um plano nutricional quando ele alcança refeições repetidas e descreve um nível de consumo próximo à saciedade em relação ao desejo que o animal tem de comer (Van Soest, 1994). A saciedade, segundo o mesmo autor, é um nível teórico necessário para equilibrar as perdas energéticas e ativar patamares ótimos de crescimento, produção de leite e desempenho físico sob condições de uma dieta balanceada.

Assim, as diferenças observadas no consumo voluntário entre Sexos possivelmente estão relacionadas com a taxa de ganho de peso manifestado entre eles. Como os fatores que causam a vontade de comer são fisiológicos e incluem além do *apetite*, os requerimentos metabólicos (nutricionais) e a qualidade do alimento (Van Soest, 1994), uma vez que o desempenho de machos foi maior que o das fêmeas, poderia vir a justificar seu maior consumo.

Entretanto não foi observada diferença ($P>0,05$) no consumo dos animais entre dietas com os diferentes volumosos. Possivelmente pelo fato da

pequena participação relativa destes nas dietas totais (aproximadamente 35% da MS).

Cabe mencionar que apesar de ter sido observada interação significativa ($P < 0,05$) na análise de variância entre Volumoso vs. Sexo, não foi observado no desdobramento desta interação, uma diferença marcante entre as médias desdobradas. Assim, pelo critério estatístico adotado neste trabalho esta interação não foi considerada.

4.2.2 Ganho de peso e conversão alimentar

A comparação dos desempenhos preditos e observados neste ensaio, para machos e fêmeas de 235 g/dia vs. 239,5 g/dia e de 180 g/dia vs. 194,17 g/dia, respectivamente, demonstra que as propostas dos Planos Nutricionais foram efetivadas.

Embora, os resultados de desempenhos relatados entre Planos Nutricionais, não diferiram significativamente ($P = 0,1318$), para os ganhos médios diários (232,41 g/dia para PN- A e 201,25 g/dia para PN- B). a interpretação biológica deste efeito deverá ser cautelosa, uma vez que, pode ter sido condicionada pelo número restrito de repetições por tratamento e um moderado coeficiente de variação no ensaio (22,17%). Assim sendo, poder-se-ia considerar que o desempenho do PN- A tenha sido biologicamente superior ao do PN- B. No entanto, esta superioridade no desempenho do PN- A em relação ao PN- B não poderia ser justificada, unicamente, pela diferença na retenção diária de nitrogênio, sendo que a retenção de nitrogênio no PN- B representou apenas 29,15% em relação a retenção diária de nitrogênio proporcionada pelo PN- A. Enquanto que o desempenho animal obtido no PN-B representou 86,59% do desempenho observado no PN-A. Provavelmente, o mecanismo de reciclagem de nitrogênio potencializado pelo PN- B, pela condição de balanço de nitrogênio ruminal negativo, tenha sido responsável pela compensação do

déficit de nitrogênio e minimizado as diferenças de desempenhos entre planos nutricionais conforme descrito CNCPS-Sheep (2004). Convém ressaltar que CNCPS-Sheep (2204) tem como referência estimativas de reciclagem obtidas com bovinos e reconhecem que provavelmente há uma subestimativa do N reciclado quando o modelo é aplicado para ovinos.

Há de se considerar também que os modelos nutricionais que visam otimizar o crescimento microbiano ruminal pela sincronização entre energia fermentável e disponibilidade de N frequentemente resultam em sobra de proteína metabolizável em relação às exigências do animal, que reduz o processo de reciclagem de nitrogênio ruminal. Por este motivo, Tedeschi et al (2000) apresentou o sistema ruminal como uma entidade que opera de forma energeticamente limitada e com excesso de nitrogênio. Além disso, os modelos de alimentação quantificam esta sobra de proteína metabolizável como custo energético para sua metabolização (síntese e excreção de uréia)

Vários trabalhos têm reportado a importância da reciclagem do nitrogênio nos ruminantes em uma vasta amplitude de valores. No entanto, a maior parte dos trabalhos indica que se trata de um mecanismo ativo e importante nos ruminantes, e que em dietas com reduzida concentração de PDR e PB haverá maior efeito da reciclagem no *pool* de aminoácidos absorvidos. Sendo assim, este efeito não pode ser negligenciado dentro das propostas dietéticas.

Possivelmente por esses motivos Salvador (2007) não detectou diferenças de ganho de peso entre ovinos alimentados com dietas que atendiam e restringiam a PDR. Neste caso, foi feita a investigação utilizando um Feno de Coast-cross qualitativamente superior ao utilizado no presente estudo, além de se buscar atender em suas dietas ganhos de peso ligeiramente inferiores.

Os resultados de desempenho observados para machos (239,5 g/dia) e para fêmeas (194,17 g/dia) diferiram significativamente ($P < 0,05$), confirmando

as diferenças esperadas. Por outro lado, a retenção de nitrogênio não diferiu entre sexos, conforme observado no ensaio de digestibilidade. Provavelmente, a diferença na proporção de gordura e água na composição de machos e fêmeas sejam responsáveis pela diferença observadas no desempenho entre sexo.

Não houve diferença significativa de ganho de peso para animais recendo diferentes volumosos, o que pode ser explicado pela participação restrita dos fenos nas dietas (em média 35% da MS ingerida) e pelo valor de NDT das duas dietas serem semelhantes (75,49 % para Feno de Coast-cross^{B-FDA} e 74,36% e Feno de Coast-cross^{A-FDA}).

Quanto à conversão alimentar, não foi observado nenhum efeito significativo ($P > 0,05$) entre os tratamentos.

5 CONCLUSÕES

A restrição da proteína degradável no rúmen em dietas de cordeiros e cordeiras em crescimento parece ser uma alternativa biologicamente viável, havendo, no entanto, implicações sobre o metabolismo nitrogenado que devem ser levadas em consideração quando da adoção deste tipo de planejamento nutricional.

A restrição da proteína degradável no rúmen, e conseqüentemente do crescimento microbiano ruminal, favorecem a redução da excreção nitrogenada na urina, tendo como conseqüência marcante a redução na digestibilidade dos carboidratos fibrosos da dieta.

Por fim, parece haver evidências de que o gasto energético para metabolização da sobra de proteína dietética ocasionada pelo atendimento da exigência de proteína degradável no rúmen é muito pouco expressiva frente à correspondente redução da digestibilidade da fibra ocasionada por sua restrição.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

AGRICULTURAL RESEARCH COUNCIL. **The nutrient requirement of farm animals**. London, 1980. 351p.

ARAÚJO, G.G. L. de; SILVA, J.F.C. da; VALADARES FILHO, S. de C.; LEÃO, M. I.; VALADARES, R. D.F.; ALMEIDA, G. A. P. de. Efeito da degradabilidade da proteína sobre o consumo e digestão da proteína bruta, do extrato etéreo e balanço do nitrogênio de vacas lactantes. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 24, n. 2, p. 258-267, mar./abr. 1994.

BRODY, S. **Bioenergetics and growth with special reference to the efficiency complex in domestic animals**. Baltimore: Reinhold, 1945.

CANNAS, A.; TEDESCHI, L.O.; FOX, D.G; PELL, A.N.; VAN SOEST, P.J. A mechanistic model for predicting the nutrient requirements and feed biological values for sheep. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.82, n.1, p.149-169, Jan. 2004.

CARMO, C.A. **Degradabilidade da matéria seca e fibra em detergente neutro da cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) com diferentes fontes de proteína**. 1999. 36p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.

CAVALCANTE, M A.B.; PEREIRA, O.G.; VALADARES FILHO, S. de C.; RIBEIRO, K.G.; PACHECO, L.B.B.; ARAÚJO, D.; LEMOS, V.M.C. Níveis de proteína bruta em dietas para bovinos de corte: parâmetros ruminais, balanço de compostos nitrogenados e produção de proteína microbiana. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 36, n. 1, p. 203-210, jan./fev. 2006.

CHALUPA, W.; CLARK, J.; OPLIGER, P.; LAVKER, R. Detoxication of ammonia in sheep fed soy protein or urea. **Journal of Nutrition**, Bethesda, v.100, n.2, p.170-176, Feb. 1970.

COLEMAN, G.S.; COLEMAN, G.S. The metabolism of *Escherichia coli* and other bacteria by *Entodinium caudatum*. **Journal General Microbiology**, v.37, p.209–223, Nov. 1964.

COMMONWEALTH SCIENTIFIC AND INDUSTRIAL RESEARCH ORGANIZATION. **Feeding Standards for Australian Livestock. Ruminants**, Melbourne, 1990.

COSTA, R.M. **Avaliação de suplementos com proteína degradável e de escape ruminal para recria de bovinos**. 2001. 47p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.

DUTRA, A.R.; QUEIROZ, A.C. de; PEREIRA, J.C.; VALADARES FILHO, S. de C.; THIÉBAUT, J.T.L.; MATOS, F.N.; RIBEIRO, C.V.D. M. Efeitos dos níveis de fibra e das fontes de proteína sobre o consumo e digestão dos nutrientes em novilhos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 26, n. 4, p. 787-796, jul./ago. 1997.

EGAN, A.R.; MOIR, R.J. Nutritional Status and Intake Regulation in Sheep. I Effects of duodenally infused single doses of casein, urea and propionate upon voluntary intake of a low-protein roughage by sheep. **Australian Journal of Agricultural Research**, Collingwood, v.16, n.3, p.437-449, 1965.

EZEQUIEL, J.M.B.; SAMPAIO, A.A.M.; SEIXAS, J.R.C.; OLIVEIRA, M.M. Balanço de nitrogênio e digestão total da proteína e da energia de rações contendo farelo de algodão, levedura de cana-de-açúcar ou uréia, em ovinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v, 29, n. 6, p. 2332-2337, 2000. Supl.

FERREIRA, D.F. Análises estatísticas por meio do Sisvar para Windows versão 4.0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 2000, São Carlos. **Resumos...** São Carlos: UFSCar, 2000. p. 255-258.

FERRELL, C.L.; FREETLY, H.C.; GOETSCH, A.L. KREIKEMEIER, K.K. The effect of dietary nitrogen and protein on feed intake, nutrient digestibility, and nitrogen flux across the portal-drained viscera and liver of sheep consuming high-concentrate diets *ad libitum*. **Journal Animal Science**, Champaign, v.79, n.5, p.1322–1328, May 2001.

FORBES, J.M. **Voluntary food intake and diet selection in farm animals**. Oxford: CAB International, 1995.

FOX, D.G.; BARRY, M.C. Predicting nutrient requirements and supply for cattle with the Cornell net carbohydrate and protein system. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM OF THE NUTRITIONAL REQUIREMENTS OF RUMINANTS, 1995, Viçosa, MG. **Proceedings...** Viçosa, MG: UFV, 1995. p.77-101.

FOX, D.G.; TYLUTKI, T.P.; TEDESCHI, L.O.; VAN AMBURGH, M.E.; CHASE, L.E.; PELL, A.N.; OVERTON, T.R.; RUSSEL, J.B. **Sistema de carboidratos e proteínas “Líquidos” para a avaliação da nutrição de rebanhos e excreção de nutrientes**. Juiz de Fora: Embrapa Gado, 2003. 202 p.

FRANCO, G.L. **Avaliação dos parâmetros ruminais de bovinos suplementados a pasto na estação das águas**. 1997. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.

FREGADOLLI, F.L.; ZEOULA, L.M.; PRADO, I.N. do; BRANCO, A.F.; CALDAS NETO, S. F.; KASSIES, M. P.; DALPONTE, A. O. Efeito das fontes de amido e nitrogênio de diferentes degradabilidade ruminais. 1. Digestibilidades parcial e total. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v.30, n.3, p.858-869, maio/jun. 2001.

GILL, M.; BEEVER, D.E.; FRANCE, J. Biochemical bases needed for the mathematical representation of whole animal metabolism. **Nutrition Research Reviews**, v.2, p.181-200, 1989.

GOERING, H.K.; VAN SOEST, P.J. **Forage fiber analysis (apparatus, reagents, procedures and some applications)**. Washington: USDA/ARS, 1970. 379p.

HUNTINGTON, G.B. Hepatic urea synthesis and site and rate of urea removal from blood of beef steers fed alfalfa hay or a high concentrate diet. **Canadian Journal Animal Science**, Ottawa, v.69, n.2, p.215–223, 1989.

INSTITUTE NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE.
Ruminant Nutrition. Recommended allowances and feed tables. Montrouge: Jonh Libbey Eurotext, 1989.

KANG-MEZNARICH, J.H.; BRODERIK, G.A. Effects of incremental urea supplementation on ruminal ammonia concentration and bacterial protein formation. **Journal Animal Science**, Champaign, v.51, n.2, p.422-431, 1980.

KLEIBER, M. **The fire of life.** 2nd ed. New York: R. E. Krieger, 1975.

KLOPFENSTEIN, T. Need for escape protein by grazing cattle. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v.60, n.3-4, p.191-199, Aug. 1996.

LIZIEIRE, R.S.; SILVA, J.F.C. da; LEÃO, M. I.; VALDARES FILHO, S. de C.; CAMPOS, O. F. de. Níveis crescentes de proteína degradável no rúmen de cabras. 1. Efeitos sobre o consumo, digestibilidade aparente e balanço de nitrogênio. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v.19, n.6, p.552-561, nov./dez. 1990.

MAGLIONE, G.; RUSSELL, J.B. The adverse effect of nitrogen limitation and excess-cellobiose on *Fibrobacter succinogenes* S 85. **Applied Microbial Biotechnology**, New York, v.48, n.6, p.720-725, Dec. 1997.

MALAFAIA, P.A.M.; VIEIRA, R.A.M. Técnicas de determinação e avaliação dos compostos nitrogenados em alimentos para ruminantes. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE DIGESTIBILIDADE EM RUMINANTES, 1997, Lavras. **Anais...** Lavras: UFLA, 1997. p. 29-54.

MALAFAIA, P.A.M. **Taxas de digestão das frações protéicas e de carboidratos de alimentos por técnicas “in situ”, “in vitro” e de produção de gases.** 1997. 83p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

MILTON, C.T.; BRANDT JUNIOR, R.T.; TITGEMEYER, E.C. Effects of dietary nitrogen source and concentration in high-grain diets on finishing steer performance and nutrient digestion. **Journal Animal Science**, Champaign, v.75, n.10, p.2813-2823, 1997a.

MILTON, C.T.; BRANDT JUNIOR, R.T.; TITGEMEYER, E.C. Urea in dry-rolled corn diets: finishing steer performance nutrient digestion and microbial protein production. **Journal Animal Science**, Champaign, v.75, n.5, p.1415-1424, May 1997b.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Ruminant nitrogen usage**. Washington, National Academy, 1985.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of beef cattle**. Washington, D.C.: National Academy, 1996.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of beef cattle**. 7th ed. Washington, D. C.: National Academy, 2000. 242p.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of dairy cattle**. Washington, D.C.: National Academy, 2001. 381p.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of small ruminants**. Washington, D. C.: National Academy, 2006. 362p.

NOCEK, J.; RUSSELL, J.B. Protein and carbohydrate as an integrated system. Relationship of ruminal availability to microbial contribution and milk production. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.71, n.8, p.2070, 1988.

OLIVEIRA JUNIOR, R.C. de; PIRES, A.V.; FERNANDES, J.J. de R.; SUSIN, I.; SANTOS, F.A.P.; ARAÚJO, R.C. de. Substituição total do farelo de soja por uréia ou amiréia em dietas com alto teor de concentrado, sobre a amônia ruminal, os parâmetros sanguíneos e o metabolismo do nitrogênio em bovinos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v.33, n.3, p.738-748, maio/jun. 2004.

ØRSKOV, E.R. **Protein nutrition in ruminants**. London: Cambridge, Academic, 1982.

REIS, S.T. dos. **Fracionamento e degradabilidade ruminal de proteínas e carboidratos de forrageiras do gênero Cynodon**. 2005. 70p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.

RENNÓ, L.N. **Consumo e digestibilidade total e parcial, produção microbiana, parâmetros ruminais e excreções de uréia e creatinina em novilhos alimentados com dietas contendo quatro níveis de uréia ou dois níveis de proteína**. 2003. 252p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

RODRIGUES, M.T.; VIEIRA, R.A.M. Metodologias aplicadas ao fracionamento de alimentos. In: BERCHIELLI, T.T.; PIRES, A.V.; OLIVEIRA, S.G. (Ed.). **Nutrição de Ruminantes**. Jaboticabal : FUNEP, 2006. p.25-55.

RUSSELL, J.B. Fermentation of cellodextrins by cellulolytic and noncellulolytic rumen bacteria. **Applied and Environmental Microbiology**, Washington, v.49, n.3, p.572, 1985.

RUSSELL, J.B. Strategies that ruminal bacteria use to handle excess carbohydrate. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.76, n.7, p.1955-1963, July 1998.

RUSSELL, J.B.; O'CONNOR, J.D.; FOX, D.G. ; VAN SOEST, P.J. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: I ruminal fermentation. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.70,n.11, p.3551-3561, Nov. 1992.

RUSSELL, J.B.; RYCHLICK, J.L. Factor that alter rumen microbial ecology. **Science**, Washington, v.292, n.5519, p.1119-1122, May 2001.

RUSSELL, J.B.; SNIFFEN, C.J.; VAN SOEST, P.J. Effects of carbohydrate limitation on degradation and utilization of casein by mixed rumen bacteria. **Journal Dairy Science**, Champaign, v.66, n.4, p.763-775, Apr. 1983.

SALMAN, A.K.D.; MATARAZZO, S.V.; EZEQUIEL, J.M.B.; KRONKA, S. N.; SEIXAS, J. R. C.; SOARES, W. V. B.; MARTINS JUNIOR, A. P. Estudo do balanço nitrogenado e da digestibilidade da matéria seca e proteína de rações para ovinos, suplementadas com amiréia, uréia ou farelo de algodão. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v.26, n.1, p.179-185, jan./fev. 1997.

SALVADOR, F.M. **Proteína degradável no rúmen e proteína metabolizável em ovinos em crescimento.** 2007. 147p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

SAMPAIO, A.A.M.; VIEIRA, P. de F.; BRITO, R.M. de. Digestão total e parcial de nutrientes em bovinos alimentados com rações contendo levedura, uréia ou farelo de algodão. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v.29, n.2, p.589-597, mar./abr. 2000.

SATTER, L.D.; SLYTER, L.L. Effects of ammonia concentration on ruminal microbial protein production *in vitro*. **British Journal Nutrition**, Wallingford, v.2, n.2, p.199-208, 1974.

SAUVANT, D. The use of modeling to predict animal responses to diet. In: RALSTON PURINA INTERNATIONAL SCIENTIFIC ADVISORY BOARD, 1991, Paris. **Proceedings...** Paris, p.34, 1991.

SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. de. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos.** Viçosa, MG: UFV, 2002. 235p.

SILVA, J.F.C. Mecanismos reguladores de consumo. In: BERCHIELLI, T. T.; PIRES, A.V., OLIVEIRA, S.G (Ed.). **Nutrição de ruminantes.** Jaboticabal: FUNEP, 2006. p.57-78.

SILVA, J.F.C. da; LEÃO, M.I. **Fundamentos de nutrição dos ruminantes.** Piracicaba: Livrocere, 1979. 380p.

SIQUEIRA, G.B. de **Efeito da suplementação protéica sobre o desempenho, ingestão voluntária e eficiência alimentar de bovinos de corte consumindo volumosos de baixa qualidade.** 2001. 50p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira.

SNIFFEN, C.J.; O'CONNOR, J.D. ; VAN SOEST, P.J.; FOX, D.G.; RUSSELL, J.B. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets : II- Carbohydrate and protein availability. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.70, n.11, p.3562-77, Nov. 1992.

SWANSON, K. C.; FREETLY, H.C.; FERRELL, C. L. Nitrogen balance in lambs fed low-quality brome hay and infused with differing proportions of

casein in the rumen and abomasum. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.82, n.2, p.502–507, Feb. 2004.

TEDESCHI, L.O.; FOX, D.G.; RUSSELL, J.B. Accounting for the effects of a ruminal nitrogen deficiency within the structure of the Cornell Net Carbohydrate and Protein System. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.78, n.6, p.1648-1658, 2000.

TEDESCHI, L.O.; FOX, D.G.; SAINZ, R.D.; BARIONI, L.G.; MEDEIROS, S.R.; BOIN, C. Mathematical models in ruminant nutrition. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.62, n.1, jan./fev, p.76–91, 2005.

TONANI, F.L. **Bovinos em pastagem de *Brachiaria brizantha* CV. Marandu recebendo diferentes fontes e quantidades de suplemento: pH, concentração de amônia e degradabilidade da forragem no rúmen.** 2001. 72p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.

TYRRELL, H.F.; MOE, P.W.; FLATT, W.P. Influence of excess protein intake on the energy metabolism of the dairy cows. In: SYMPOSIUM ON ENERGY METABOLISM IN FARM ANIMALS, 5., 1970, Votzdam. **Proceedings...** Votzdam: European Association of Animal Production, 1970. v.13, p.69–72.

VALADARES, R.F.D.; GONÇALVES, L.C.; SAMAPAI, I.B.; RODRIGUEZ, N. M.; COELHO DA SILVA, J. F. Níveis de proteína em dietas de bovinos. 2. Consumo, digestibilidades e balanço de compostos nitrogenados. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v.26, n.6, p. 1259-1263, nov./dez. 1997a.

VALADARES, R.F.D.; GONÇALVES, L.C.; RODRIGUEZ, N.M.; SAMPAIO, I.B.M.; VALADARES FILHO, S. de C.; QUEIROZ, A.C. de. Níveis de proteína em dietas de bovinos. 1. Consumo e digestibilidades aparentes totais e parciais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 26, n. 6, p. 1252-1258, nov./dez. 1997b.

VAN KESSEL, J.S.; RUSSEL, J.B. The effect of amino nitrogen on the energetics of ruminal bacteria and its impact on energy spilling. **Journal Dairy Science**, Champaign, v.79, n.7, p.1237-1243, July 1996.

VAN SOEST, P. J. **Nutritional ecology of the ruminant**. Corvallis: O & Books, 1982.

VAN SOEST, P. J. ; FOX, D.G. Discounts for net energy and protein. Fifth revision. In: CORNELL NUTRITION CONFERENCE, Ithaca, 1992. **Proceedings...** Ithaca: University of Cornell, 1992. p.40-53.

VAN SOEST, P. J. **Nutritional ecology of the ruminant**. New York: Cornell University, 1994. 476p.

WALDO, D. R. Factors influencing the voluntary intake of forages. In: NATIONAL CONFERENCE ON FORAGE QUALITY EVALUATION AND UTILIZATION, 1970, Lincoln. **Proceeding...** Lincoln: Nebraska Center for Continuing Education, 1970. p.F1-E12.

WELLS, J.E.; RUSSELL, J.B. The endogenous metabolism of *Fibrobacter succinogenes* and its relationship to cellobiose transport, viability and cellulose digestion. **Applied Microbiology and Biotechnology**, New York, v. 41, n.4, p.471-476, June 1994.

ZEOULA, L. M.; FERELI, F.; PRADO, I. N. do; GERON, L. J. V.; CALDAS NETO, S. F.; PRADO, O. P. P. do; MAEDA, E. M. Digestibilidade e balanço de nitrogênio de rações com diferentes teores de proteína degradável no rúmen e milho moído como fonte de amido em ovinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v.35, n.5, p.2179-2186, set./out. 2006.

ANEXOS

ANEXO A	Página
FIGURA 1A Efeito da IMS ($g\ MS/PV_{kg}^{0,75}$) sobre o crescimento microbiano ruminal (g/dia) de ovinos consumindo dieta balanceada para energia e proteína segundo os modelos AFRC (1993) e SRNS v.1.8.1 (2007). Dietas isoenergéticas entre os pesos estudados, dentro de cada nível de consumo.....	84
FIGURA 2A Efeito da IMS ($g\ MS/PV_{kg}^{0,75}$) sobre o potencial de crescimento microbiano ruminal ($Y_{PB\mu g}$, $g\ PB\ microb./MJ\ EMfe$) de ovinos consumindo dieta balanceada para energia e proteína (AFRC, 1993).....	84
FIGURA 3A Efeito da IMS ($g\ MS/PV_{kg}^{0,75}$) sobre o potencial de crescimento microbiano ruminal ($Y_{PB\mu g}$, $\% NDT$) de ovinos consumindo dieta balanceada para energia e proteína (SRNS v.1.8.1).	85

TABELA 1B	Resumo da análise de variância para os consumos médios de matéria seca total (IMS) e em relação ao peso metabólico (IMSPV ^{0,75}) - ensaio de digestibilidade e balanço nitrogenado. .	86
TABELA 2B	Resumo da análise de variância para a digestibilidade aparente da matéria seca (D _{ap} MS) - ensaio de digestibilidade.	86
TABELA 3B	Resumo da análise de variância para a digestibilidade aparente da proteína bruta (D _{ap} PB) - ensaio de digestibilidade.	87
TABELA 4B	Resumo da análise de variância para a digestibilidade aparente da fibra detergente neutro (D _{ap} FDN) - ensaio de digestibilidade.	87
TABELA 5B	Resumo da análise de variância para a digestibilidade aparente dos carboidratos não fibrosos (D _{ap} CNF) - ensaio de digestibilidade.	88
TABELA 12B	Resumo da análise de variância para o nitrogênio absorvido/nitrogênio ingerido (N absorvido / N ingerido – %) - ensaio de balanço nitrogenado.	91
TABELA 13B	Resumo da análise de variância para o nitrogênio excretado via urina (N urina – g/dia) - ensaio de balanço nitrogenado.	92
TABELA 14B	Resumo da análise de variância para o nitrogênio retido (N retido – g/dia) - ensaio de balanço nitrogenado.	92
TABELA 15B	Resumo da análise de variância para o nitrogênio retido/nitrogênio ingerido (N retido/ N ingerido – %) - ensaio de balanço nitrogenado.	93
TABELA 16B	Resumo da análise de variância para o nitrogênio retido/nitrogênio absorvido (N retido/ N absorvido – %) - ensaio de balanço nitrogenado.	93
TABELA 17B	Resumo da análise de variância para a estimativa do custo energético para excreção de uréia (Custo de Uréia – Mcal/dia) - ensaio de balanço nitrogenado.	94
TABELA 18B	Resumo da análise de variância para os consumos médios de matéria seca total (IMS) e em relação ao peso metabólico (IMSPV ^{0,75}) - ensaio de desempenho.	94
TABELA 19B	Resumo da análise de variância para os ganhos médios diários (GMD) - ensaio de desempenho.	95
TABELA 20B	Resumo da análise de variância para conversões alimentar (CA) - ensaio de desempenho.	95

ANEXO A

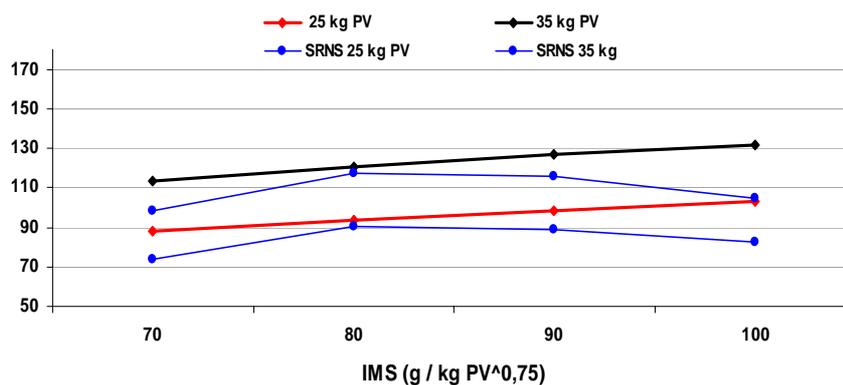


FIGURA 1A Efeito da IMS ($g MS/PV_{kg}^{0,75}$) sobre o crescimento microbiano ruminal (g/dia) de ovinos consumindo dieta balanceada para energia e proteína segundo os modelos AFRC (1993) e SRNS v.1.8.1 (2007). Dietas isoenergéticas entre os pesos estudados, dentro de cada nível de consumo.

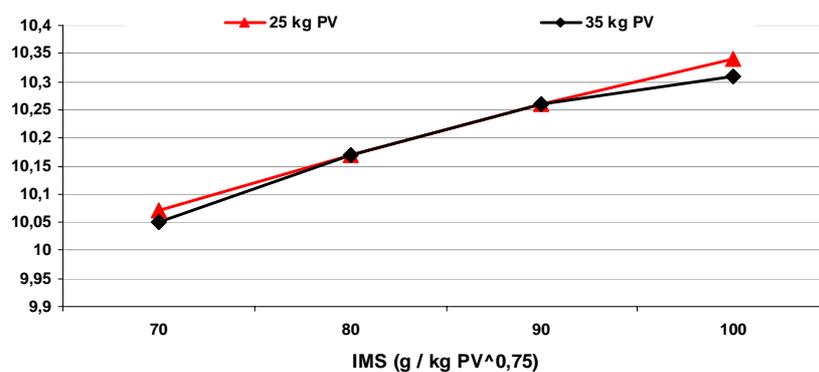


FIGURA 2A Efeito da IMS ($g MS/PV_{kg}^{0,75}$) sobre o potencial de crescimento microbiano ruminal ($Y_{PB\mu g}$, g PB microb./MJ EMfe) de ovinos consumindo dieta balanceada para energia e proteína (AFRC, 1993).

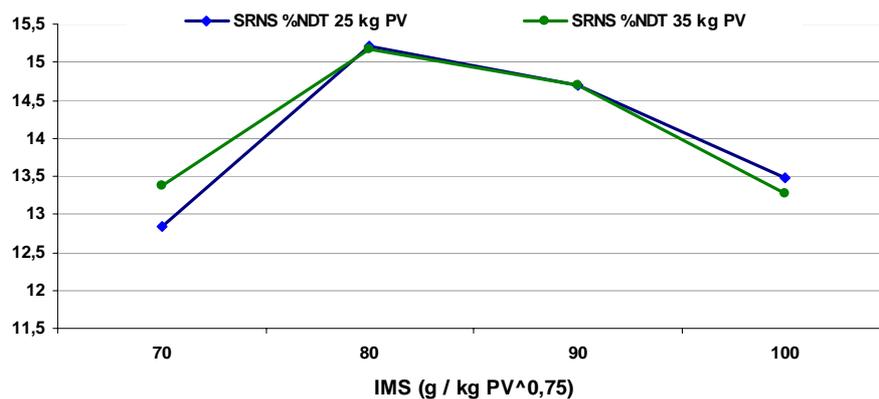


FIGURA 3A Efeito da IMS ($g MS/PV_{kg}^{0,75}$) sobre o potencial de crescimento microbiano ruminal ($Y_{PB\mu g}$, % NDT) de ovinos consumindo dieta balanceada para energia e proteína (SRNS v.1.8.1).

ANEXO B

TABELA 1B Resumo da análise de variância para os consumos médios de matéria seca total (IMS) e em relação ao peso metabólico (IMSPV^{0,75}) - ensaio de digestibilidade e balanço nitrogenado.

Fontes de Variação	GL	IMS (g MS/kg PV ^{0,75})	
		QM	Pr>F
<i>Plano Nutricional (PN)</i>	1	0,001053	0,0000
<i>Volumoso (V)</i>	1	0,000165	0,0136
<i>Sexo (S)</i>	1	0,000176	0,0113
<i>PN x V</i>	1	0,000022	0,3264
<i>PN x S</i>	1	0,000007	0,5751
<i>V x S</i>	1	0,000002	0,7619
<i>PN x V x S</i>	1	0,000005	0,6348
Resíduo	16	0,000022	
CV (%)	5,85		

TABELA 2B Resumo da análise de variância para a digestibilidade aparente da matéria seca (D_{ap}MS) - ensaio de digestibilidade.

Fontes de Variação	GL	D _{ap} MS (%)	
		QM	Pr>F
<i>Plano Nutricional (PN)</i>	1	0,010226	0,0153
<i>Volumoso (V)</i>	1	0,001187	0,3687
<i>Sexo (S)</i>	1	0,008438	0,0253
<i>PN x V</i>	1	0,000244	0,6802
<i>PN x S</i>	1	0,000097	0,7950
<i>V x S</i>	1	0,000004	0,9587
<i>PN x V x S</i>	1	0,000622	0,5126
Resíduo	16	0,001387	
CV (%)	5,61		

TABELA 3B Resumo da análise de variância para a digestibilidade aparente da proteína bruta (D_{ap}PB) - ensaio de digestibilidade.

Fontes de Variação	GL	D _{ap} PB (%)	
		QM	Pr>F
<i>Plano Nutricional (PN)</i>	1	1222,125632	0,0000
<i>Volumoso (V)</i>	1	17,158577	0,2553
<i>Sexo (S)</i>	1	37,984052	0,0983
<i>PN x V</i>	1	26,752705	0,1601
<i>PN x S</i>	1	4,378458	0,5595
<i>V x S</i>	1	0,503151	0,8424
<i>PN x V x S</i>	1	27,261885	0,1564
Resíduo	16	12,328383	
CV (%)	4,99		

TABELA 4B Resumo da análise de variância para a digestibilidade aparente da fibra detergente neutro (D_{ap}FDN) - ensaio de digestibilidade.

Fontes de Variação	GL	D _{ap} FDN (%)	
		QM	Pr>F
<i>Plano Nutricional (PN)</i>	1	1205,782208	0,0001
<i>Volumoso (V)</i>	1	1428,509400	0,0000
<i>Sexo (S)</i>	1	37,936262	0,3766
<i>PN x V</i>	1	43,282204	0,3458
<i>PN x S</i>	1	2,519424	0,8177
<i>V x S</i>	1	113,787440	0,1348
<i>PN x V x S</i>	1	28,916931	0,4388
Resíduo	16	45,862672	
CV (%)	16,40		

TABELA 5B Resumo da análise de variância para a digestibilidade aparente dos carboidratos não fibrosos ($D_{ap}CNF$) - ensaio de digestibilidade.

Fontes de Variação	GL	$D_{ap}CNF$ (%)	
		QM	Pr>F
<i>Plano Nutricional (PN)</i>	1	16,571802	0,1716
<i>Volumoso (V)</i>	1	32,785775	0,0612
<i>Sexo (S)</i>	1	46,986815	0,0283
<i>PN x V</i>	1	0,265651	0,8585
<i>PN x S</i>	1	5,214540	0,4338
<i>V x S</i>	1	32,557092	0,0620
<i>PN x V x S</i>	1	0,088209	0,9181
Resíduo	16	8,088862	
CV (%)	3,50		

TABELA 6B Resumo da análise de variância para a digestibilidade aparente do extrato etéreo ($D_{ap}EE$) - ensaio de digestibilidade.

Fontes de Variação	GL	$D_{ap}EE$ (%)	
		QM	Pr>F
<i>Plano Nutricional (PN)</i>	1	163,887361	0,0040
<i>Volumoso (V)</i>	1	42,592033	0,1068
<i>Sexo (S)</i>	1	173,075104	0,0033
<i>PN x V</i>	1	14,079080	0,3404
<i>PN x S</i>	1	13,219473	0,3552
<i>V x S</i>	1	0,001803	0,9913
<i>PN x V x S</i>	1	36,798314	0,1317
Resíduo	16	14,582855	
CV (%)	4,24		

TABELA 7B Resumo da análise de variância para os nutrientes digestíveis totais (NDT) - ensaio de digestibilidade.

Fontes de Variação	GL	NDT (% MS)	
		QM	Pr>F
<i>Plano Nutricional (PN)</i>	1	50,904675	0,0500
<i>Volumoso (V)</i>	1	7,637688	0,4235
<i>Sexo (S)</i>	1	201,729815	0,0006
<i>PN x V</i>	1	0,135751	0,9142
<i>PN x S</i>	1	14,979980	0,2670
<i>V x S</i>	1	3,326426	0,5953
<i>PN x V x S</i>	1	17,666220	0,2296
Resíduo	16	11,322504	
CV (%)	4,49		

TABELA 8B Resumo da análise de variância para a concentração de extrato etéreo na matéria seca ingerida ([EE] -% MS ingerida) - ensaio de digestibilidade.

Fontes de Variação	GL	[EE] (% MS ingerida)	
		QM	Pr>F
<i>Plano Nutricional (PN)</i>	1	32,596704	0,0000
<i>Volumoso (V)</i>	1	0,424004	0,1539
<i>Sexo (S)</i>	1	2,700104	0,0016
<i>PN x V</i>	1	0,001837	0,9227
<i>PN x S</i>	1	0,495937	0,1250
<i>V x S</i>	1	0,087604	0,5059
<i>PN x V x S</i>	1	0,604838	0,0927
Resíduo	16	0,189204	
CV (%)	9,58		

TABELA 9B Resumo da análise de variância para a ingestão de nitrogênio total
(N ingerido – g/dia) - ensaio de balanço nitrogenado.

Fontes de Variação	GL	N ingerido (g/dia)	
		QM	Pr>F
<i>Plano Nutricional (PN)</i>	1	2575,205968	0,0000
<i>Volumoso (V)</i>	1	1,613053	0,7613
<i>Sexo (S)</i>	1	1,285288	0,7862
<i>PN x V</i>	1	10,330688	0,4457
<i>PN x S</i>	1	32,159980	0,1867
<i>V x S</i>	1	4,262208	0,6223
<i>PN x V x S</i>	1	0,984960	0,8123
Resíduo	16	16,896612	
CV (%)	15,44		

TABELA 10B Resumo da análise de variância para excreção fecal de nitrogênio
(N fezes – g/dia) - ensaio de balanço nitrogenado.

Fontes de Variação	GL	N fezes (g/dia)	
		QM	Pr>F
<i>Plano Nutricional (PN)</i>	1	35,814380	0,0023
<i>Volumoso (V)</i>	1	0,077976	0,8682
<i>Sexo (S)</i>	1	5,946121	0,1602
<i>PN x V</i>	1	0,100621	0,8505
<i>PN x S</i>	1	1,852593	0,4231
<i>V x S</i>	1	0,004648	0,9677
<i>PN x V x S</i>	1	1,215000	0,5151
Resíduo	16	2,741527	
CV (%)	22,95		

TABELA 11B Resumo da análise de variância para o nitrogênio absorvido (N absorvido – g/dia) - ensaio de balanço nitrogenado.

Fontes de Variação	GL	N absorv. (g/dia)	
		QM	Pr>F
<i>Plano Nutricional (PN)</i>	1	2122,219494	0,0000
<i>Volumoso (V)</i>	1	0,059601	0,9381
<i>Sexo (S)</i>	1	0,000000667	0,9998
<i>PN x V</i>	1	17,664504	0,1935
<i>PN x S</i>	1	9,025813	0,3463
<i>V x S</i>	1	10,899928	0,3021
<i>PN x V x S</i>	1	11,564817	0,2883
Resíduo	16	9,586101	
CV (%)	15,74		

TABELA 12B Resumo da análise de variância para o nitrogênio absorvido/nitrogênio ingerido (N absorvido / N ingerido – %) - ensaio de balanço nitrogenado.

Fontes de Variação	GL	N absorv./N inger. (%)	
		QM	Pr>F
<i>Plano Nutricional (PN)</i>	1	1222,125632	0,0000
<i>Volumoso (V)</i>	1	17,158577	0,2553
<i>Sexo (S)</i>	1	37,984052	0,0983
<i>PN x V</i>	1	26,752705	0,1601
<i>PN x S</i>	1	4,378458	0,5595
<i>V x S</i>	1	0,503151	0,8424
<i>PN x V x S</i>	1	27,261885	0,1564
Resíduo	16	12,328383	
CV (%)	4,99		

TABELA 13B Resumo da análise de variância para o nitrogênio excretado via urina (N urina – g/dia) - ensaio de balanço nitrogenado.

Fontes de Variação	GL	N urina (g/dia)	
		QM	Pr>F
<i>Plano Nutricional (PN)</i>	1	252,311895	0,0001
<i>Volumoso (V)</i>	1	115,874176	0,0033
<i>Sexo (S)</i>	1	0,180093	0,8935
<i>PN x V</i>	1	8,374472	0,3672
<i>PN x S</i>	1	10,034973	0,3249
<i>V x S</i>	1	17,426808	0,1994
<i>PN x V x S</i>	1	0,034580	0,9532
Resíduo	16	9,725841	
CV (%)	36,96		

TABELA 14B Resumo da análise de variância para o nitrogênio retido (N retido – g/dia) - ensaio de balanço nitrogenado.

Fontes de Variação	GL	N retido (g/dia)	
		QM	Pr>F
<i>Plano Nutricional (PN)</i>	1	911,002426	0,0000
<i>Volumoso (V)</i>	1	110,677855	0,0015
<i>Sexo (S)</i>	1	0,180440	0,8790
<i>PN x V</i>	1	1,712538	0,6402
<i>PN x S</i>	1	0,027001	0,9530
<i>V x S</i>	1	55,897380	0,0151
<i>PN x V x S</i>	1	12,864168	0,2100
Resíduo	16	7,542471	
CV (%)	24,45		

TABELA 15B Resumo da análise de variância para o nitrogênio retido/ nitrogênio ingerido (N retido/ N ingerido – %) - ensaio de balanço nitrogenado.

Fontes de Variação	GL	N ret./ N ing. (%)	
		QM	Pr>F
<i>Plano Nutricional (PN)</i>	1	1288,819328	0,0016
<i>Volumoso (V)</i>	1	1787,790817	0,0004
<i>Sexo (S)</i>	1	8,862211	0,7564
<i>PN x V</i>	1	365,570593	0,0597
<i>PN x S</i>	1	62,894913	0,4130
<i>V x S</i>	1	365,274037	0,0598
<i>PN x V x S</i>	1	1,020937	0,9160
Resíduo	16	89,023236	
CV (%)	24,01		

TABELA 16B Resumo da análise de variância para o nitrogênio retido/ nitrogênio absorvido (N retido/ N absorvido – %) - ensaio de balanço nitrogenado.

Fontes de Variação	GL	N ret./ N absorv. (%)	
		QM	Pr>F
<i>Plano Nutricional (PN)</i>	1	447,094440	0,0951
<i>Volumoso (V)</i>	1	4500,314001	0,0000
<i>Sexo (S)</i>	1	0,030888	0,9884
<i>PN x V</i>	1	1476,789882	0,0053
<i>PN x S</i>	1	60,176167	0,5245
<i>V x S</i>	1	790,52495	0,0314
<i>PN x V x S</i>	1	46,289815	0,5761
Resíduo	16	142,105636	
CV (%)	21,45		

TABELA 17B Resumo da análise de variância para a estimativa do custo energético para excreção de uréia (Custo de Ureia – Mcal/dia) - ensaio de balanço nitrogenado.

Fontes de Variação	GL	Custo de uréia (Mcal/dia)	
		QM	Pr>F
<i>Plano Nutricional (PN)</i>	1	0,013490	0,0001
<i>Volumoso (V)</i>	1	0,006112	0,0033
<i>Sexo (S)</i>	1	0,000012	0,8802
<i>PN x V</i>	1	0,000459	0,3582
<i>PN x S</i>	1	0,000532	0,3238
<i>V x S</i>	1	0,000925	0,1982
<i>PN x V x S</i>	1	0,000003	0,9364
Resíduo	16	0,000513	
CV (%)	36,82		

TABELA 18B Resumo da análise de variância para os consumos médios de matéria seca total (IMS) e em relação ao peso metabólico (IMSPV^{0,75}) - ensaio de desempenho.

Fontes de Variação	GL	IMS (g MS/kg PV ^{0,75})	
		QM	Pr>F
<i>Plano Nutricional (PN)</i>	1	0,000459	0,0004
<i>Volumoso (V)</i>	1	0,000070	0,1047
<i>Sexo (S)</i>	1	0,000126	0,0347
<i>PN x V</i>	1	0,000057	0,1401
<i>PN x S</i>	1	0,000040	0,2118
<i>V x S</i>	1	0,000165	0,0177
<i>PN x V x S</i>	1	0,000009	0,5380
Resíduo	16	0,000024	
CV (%)	6,10		

TABELA 19B Resumo da análise de variância para os ganhos médios diários (GMD) - ensaio de desempenho.

Fontes de Variação	GL	GMD (g /dia)	
		QM	Pr>F
<i>Plano Nutricional (PN)</i>	1	0,005828	0,1318
<i>Volumoso (V)</i>	1	0,000580	0,6231
<i>Sexo (S)</i>	1	0,012331	0,0345
<i>PN x V</i>	1	0,003851	0,2150
<i>PN x S</i>	1	0,000504	0,6467
<i>V x S</i>	1	0,000140	0,8086
<i>PN x V x S</i>	1	0,002017	0,3641
Resíduo	16	0,002310	
CV (%)	22,17		

TABELA 20B Resumo da análise de variância para conversões alimentar (CA) - ensaio de desempenho.

Fontes de Variação	GL	CA (kg de MS/ kg de ganho de peso)	
		QM	Pr>F
<i>Plano Nutricional (PN)</i>	1	0,002281	0,9719
<i>Volumoso (V)</i>	1	0,087846	0,8272
<i>Sexo (S)</i>	1	3,860828	0,1607
<i>PN x V</i>	1	0,581571	0,5760
<i>PN x S</i>	1	0,128774	0,7916
<i>V x S</i>	1	0,780483	0,5178
<i>PN x V x S</i>	1	1,723776	0,3403
Resíduo	16	1,784094	
CV (%)	28,18		