

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

**EXIGÊNCIAS E EFICIÊNCIA DE UTILIZAÇÃO
DA ENERGIA E DA PROTEÍNA POR
CORDEIROS CONFINADOS**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Diego Barcelos Galvani

**Santa Maria, RS, Brasil
2008**

**EXIGÊNCIAS E EFICIÊNCIA DE UTILIZAÇÃO DA
ENERGIA E DA PROTEÍNA POR CORDEIROS
CONFINADOS**

por

Diego Barcelos Galvani

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de
Pós-Graduação em Zootecnia, Área de Concentração em
Produção Animal, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS),
como requisito parcial para obtenção do grau de
Mestre em Zootecnia.

Orientador: Dr. Cleber Cassol Pires

Santa Maria, RS, Brasil

2008

**Universidade Federal de Santa Maria
Centro de Ciências Rurais
Programa de Pós-graduação em Zootecnia**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada,
aprova a Dissertação de Mestrado

**EXIGÊNCIAS E EFICIÊNCIA DE UTILIZAÇÃO
DA ENERGIA E DA PROTEÍNA POR
CORDEIROS CONFINADOS**

elaborada por

Diego Barcelos Galvani

como requisito parcial para obtenção do grau de
Mestre em Zootecnia

COMISSÃO EXAMINADORA:

Cleber Cassol Pires, Dr.
(Presidente/Orientador)

Rogério de Paula Lana, PhD.
(Universidade Federal de Viçosa)

Gilberto Vilmar Kozloski, Dr.
(Universidade Federal de Santa Maria)

Santa Maria, 11 de fevereiro de 2008.

*Aos meus Pais Vani e Rogério,
por todo carinho, confiança e apoio a mim
dedicados durante toda minha vida.*

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus, sobretudo, por ter estado ao meu lado em todos os momentos.

À minha mãe *Vani*, pelos exemplos de força de vontade e dedicação. Por ter me ensinado que podemos alcançar tudo, basta apenas querer.

Ao meu pai *Rogério*, pelo exemplo de conduta moral e dedicação à família. Por ter me ensinado que a honestidade é, sempre, o melhor caminho.

Aos meus irmãos *Daniel* e *Douglas*, pela amizade, pelos sorrisos e pela ajuda nos momentos em que precisei.

À *Grazieli*, por ter me acompanhado com lealdade durante os últimos anos. Pelos sorrisos nas horas de descontração e, principalmente, pelos abraços nas horas de dificuldade.

Ao amigo-irmão *Ronaldo*, pelo grande exemplo de amizade verdadeira e por tudo aquilo que passamos juntos. Tu és aquele a quem posso chamar de “amigo do peito”.

À Universidade Federal de Santa Maria pelo crescimento profissional proporcionado.

Ao professor *Cleber*, pela confiança ao longo destes últimos anos e por ter proporcionado as condições necessárias para desenvolvimento deste trabalho.

Ao professor *Gilberto*, pelas valiosas contribuições em todas as fases do trabalho e pelo exemplo de dedicação ao ensino e à pesquisa.

À grande amiga *Tatiana*, pela amizade, pelas conversas, pelos conselhos e pelas risadas. Por ter contribuído de forma espontânea para o desenvolvimento do experimento. Certamente tudo teria sido mais difícil sem a sua ajuda!

Ao colega e amigo *Felipe*, pela amizade e companheirismo. Pelas horas de estudo e de mate. Sentirei falta das “gauchadas” companheiro!

Aos amigos *Péricles*, *Gláucia*, *Volnei*, *Júlia*, *Rui Rotava* e *Tomás*, pelas longas conversas e discussões “científicas”. Pelo agradável convívio e pelas grandes lições de vida.

À Dona Olirta pela competência, colaboração e atenção dispensada.

Ao pessoal do Laboratório de Ovinocultura, em especial ao *Ari*, à *Franciele*, à *Gabi* e ao *Ginho*, pela amizade e inestimável ajuda durante as fases iniciais do trabalho.

Aos colaboradores do Laboratório de Nutrição Animal, pelo acolhimento durante o período de realização das análises laboratoriais.

Aos demais professores e colegas que contribuíram para realização deste trabalho.

Muito obrigado!

RESUMO

Dissertação de Mestrado
Programa de Pós-graduação em Zootecnia
Universidade Federal de Santa Maria

EXIGÊNCIAS E EFICIÊNCIA DE UTILIZAÇÃO DA ENERGIA E DA PROTEÍNA POR CORDEIROS CONFINADOS

AUTOR: DIEGO BARCELOS GALVANI

ORIENTADOR: CLEBER CASSOL PIRES

Data e Local da Defesa: Santa Maria, 11 de fevereiro de 2008.

Com o objetivo de determinar as exigências energéticas e protéicas de cordeiros lanados de aptidão carne foram realizados dois experimentos nas dependências do Laboratório de Ovinocultura da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). No experimento 1 (abate comparativo), foram utilizados trinta cordeiros $\frac{1}{16}$ Texel $\frac{5}{16}$ Ile de France, machos não-castrados, desmamados aos 42 dias de idade com peso vivo (PV) médio de $16,2 \pm 2,1$ kg. Transcorridos dez dias para adaptação dos animais às condições experimentais, cinco cordeiros foram aleatoriamente sorteados e abatidos. Dentre os remanescentes, quinze animais foram alimentados *ad libitum* e abatidos aos 25, 30 ou 35 kg de PV, sendo, os demais, submetidos a dois níveis de restrição alimentar (70 ou 55% do consumo *ad libitum*). O abate destes últimos foi realizado juntamente com aqueles alimentados *ad libitum* e abatidos aos 35 kg de PV. Foram determinados os conteúdos corporais de nitrogênio, gordura e energia. No experimento 2 (ensaio de digestibilidade), seis cordeiros $\frac{1}{16}$ Texel $\frac{5}{16}$ Ile de France ($30,4 \pm 2,6$ kg) foram mantidos em gaiolas metabólicas individuais, sob delineamento duplo Quadrado Latino 3x3, com objetivo de avaliar o valor nutricional da dieta sob os distintos níveis de consumo. A redução do consumo de matéria seca resultou em aumento linear da digestibilidade e da concentração energética da dieta ($P < 0,05$). A concentração de proteína no corpo livre de lã diminuiu com o aumento do peso de corpo vazio (PCV). Quando considerada a proteína retida na lã, contudo, a concentração protéica corporal foi pouco variável com o avanço da maturidade. A concentração de gordura corporal variou entre 72,7 e 125,9 g/kg PCV, respectivamente, para os PCV de 13,1 e 28,2 kg. A excreção endógena de nitrogênio foi de 243,2 mg/kg $PV^{0,75}$ /dia, e correspondeu a exigência de proteína líquida para manutenção de 1,52 g/kg $PV^{0,75}$ /dia. Por sua vez, a exigência de proteína metabolizável para manutenção foi de 2,31 g/kg $PV^{0,75}$ /dia, com eficiência de uso (k_{nm}) igual a 0,66. A exigência de energia líquida para manutenção foi de 58,6 kcal/kg $PV^{0,75}$ /dia e a de energia metabolizável de 91,0 kcal/kg $PV^{0,75}$ /dia. A eficiência de utilização da energia metabolizável para manutenção (k_m), por sua vez, foi de 0,64. As exigências de proteína e energia líquidas para ganho de peso de cordeiros com 15 e 35 kg de PV, e ganho médio diário de 250 g, foram de 32,5 e 33,1 g/dia e 424 e 553 kcal/dia, respectivamente. A eficiência de utilização da energia metabolizável para ganho de peso (k_g) foi de 0,50, e da proteína metabolizável para ganho de peso (k_{nf}) e crescimento da lã (k_{nw}) de 0,71 e 0,46, respectivamente. O padrão de crescimento da lã possui grande influência sobre as exigências protéicas de ovinos. Cordeiros $\frac{1}{16}$ Texel $\frac{5}{16}$ Ile de France em crescimento possuem exigências nutricionais inferiores às reportadas por grande parte dos Sistemas internacionais.

Palavras-chave: composição corporal, consumo, eficiência alimentar, manutenção, restrição.

ABSTRACT

Dissertation of Mastership
Post-graduation in Animal Science Program
Universidade Federal de Santa Maria

REQUIREMENTS AND EFFICIENCY OF ENERGY AND PROTEIN USE BY FEEDLOT LAMBS

AUTHOR: DIEGO BARCELOS GALVANI

ADVISOR: CLEBER CASSOL PIRES

Date and Defense's Place: Santa Maria, February 11, 2008.

Two experiments were carried out in the Sheep Division of the Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), to determine energy and protein requirements of meat purpose wool lambs. Thirty $\frac{1}{16}$ Texel $\frac{5}{16}$ Ile de France crossbred intact male lambs, weaned at 42 days of age (16.2 ± 2.1 kg live weight (LW)) were used in trial 1 (comparative slaughter trial). After ten days of management and diet adaptation five lambs were randomly chosen and slaughtered (reference animals). Fifteen lambs were fed *ad libitum* and slaughtered at 25, 30 or 35 kg LW, and the remaining lambs were randomly assigned to 2 levels of DMI (either 70 or 55% of the *ad libitum* intake), being slaughtered together with lambs fed *ad libitum* and slaughtered at 35 kg LW. Total body N, fat and energy contents were determined. In the trial 2 (digestibility trial), six $\frac{1}{16}$ Texel $\frac{5}{16}$ Ile de France crossbred lambs (30.4 ± 2.6 kg LW) were housed in metabolic cages in a double 3 x 3 Latin Square Design. Nutritional value of the diet under the distinct feeding levels was evaluated. Decreased dry matter intake (DMI) resulted in linear increase of the digestibility and energy concentration of the diet ($P < 0.05$). Body fleece-free protein content decreased with empty body weight (EBW) increasement. However, when protein in fleece was considered, total body protein was constant. Body fat content varied from 72.7 to 125.9 g/kg EBW, respectively for 13.1 and 28.2 kg EBW. Endogenous nitrogen loss was 243.2 mg/kg $LW^{0.75}$ /day, corresponding to a net protein requirement for maintenance of 1.52 g/kg $LW^{0.75}$ /day. Metabolizable protein requirement for maintenance was 2.31 g/kg $LW^{0.75}$ /day, and efficiency of protein use was 0.66. Net and metabolizable energy requirements for maintenance were 58.6 and 91.0 kcal/kg $LW^{0.75}$ /day, respectively. Consequently, estimated efficiency of energy use for maintenance (k_m) was 0.64. Net protein and energy requirements for weight gain of lambs at 15 and 35 kg LW, and daily LW gain of 250 g, were 32.5 and 33.1 g/day and 424 and 553 kcal/day, respectively. Efficiency of energy use for weight gain (k_g) was 0.50, while efficiency of protein use for weight gain (k_{nf}) and wool growth (k_{nw}) were, respectively, 0.71 and 0.46. Growth pattern of the wool has a high influence on protein requirements of sheep. Texel x Ile de France crossbred growing lambs have lowest nutritional requirements than those recognized by most international Systems.

Keywords: body composition, feed efficiency, feed intake, feed restriction, maintenance.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – Fluxograma da energia no organismo animal (adaptado do NRC (1981a)).	15
FIGURA 2 – Representação esquemática da digestão e do metabolismo dos compostos nitrogenados nos animais ruminantes.	20
FIGURA 3 – Relação entre o consumo de matéria orgânica e a excreção de N fecal.	40
FIGURA 4 – Estimativa da retenção de nitrogênio em função do consumo de nitrogênio.	45
FIGURA 5 – Relação entre o consumo de energia metabolizável (CEM) e a retenção de gordura e nitrogênio por cordeiros em crescimento.	47
FIGURA 6 – Estimativa da retenção de nitrogênio em função do consumo de proteína metabolizável (CPM).	48
FIGURA 7 – Estimativa da produção de calor (PC) em função do consumo de energia metabolizável (CEM).	49
FIGURA 8 – Relação entre o consumo de energia metabolizável (CEM) e o ganho médio diário (GMD) de cordeiros confinados.	52
FIGURA 9 – Estimativa da retenção energética em função do consumo de energia metabolizável para ganho de peso (CEM_g).	58
FIGURA 10 – Relação entre o GMD observado e o GMD estimado pelo Sistema CNCPS-S (CANNAS et al., 2004) para cordeiros em crescimento.	62
FIGURA 11 – Relação entre a exigência de energia metabolizável para manutenção (EM_m) observada e a estimada pelo Sistema CNCPS-S (CANNAS et al., 2004) para cordeiros em crescimento.	63

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – Formulação e composição química da dieta experimental	28
TABELA 2 – Consumos (g/kg PV ^{0,75} /dia) e ganho médio diário (GMD, g/dia) de cordeiros em diferentes níveis de alimentação	37
TABELA 3 – Digestibilidade dos compostos não-nitrogenados e nitrogenados, síntese microbiana e concentração energética da dieta sob os diferentes níveis de alimentação	39
TABELA 4 – Equações de regressão para estimativa da composição corporal (água, proteína, gordura e energia) de cordeiros Texel x Ile de France dos 15 aos 35 kg de peso vivo	41
TABELA 5 – Concentrações corporais de água, proteína, gordura e energia de cordeiros Texel x Ile de France dos 15 aos 35 kg de peso vivo	42
TABELA 6 – Proporções (% do peso de corpo vazio) dos órgãos internos de cordeiros em crescimento, sob diferentes níveis de alimentação	51
TABELA 7 – Exigências de proteína líquida (g/dia) para ganho de peso de cordeiros em crescimento	54
TABELA 8 – Exigências líquidas de energia (kcal/dia) para ganho de peso de cordeiros em crescimento	57
TABELA 9 – Exigências de proteína (g/dia) líquida (PL) e metabolizável (PM) total (t) para diferentes taxas de ganho de peso (GMD, kg/dia) de cordeiros Texel x Ile de France confinados	60
TABELA 10 – Exigências de energia (kcal/dia) líquida (EL) e metabolizável (EM) total (t) para diferentes taxas de ganho de peso (GMD, kg/dia) de cordeiros Texel x Ile de France confinados	61

LISTA DE APÊNDICES

APÊNDICE A – Médias das temperaturas mínimas, máximas e médias durante o período experimental	79
APÊNDICE B – Valores individuais dos consumos de matéria seca de volumoso (CMSv), concentrado (CMSc) e total (CMS), e ganho médio diário (GMD) dos cordeiros do desmame ao abate.....	80
APÊNDICE C – Valores individuais de peso inicial (PI), peso ao abate (PA), peso de corpo vazio (PCV) e conteúdos de água, proteína, gordura e energia do corpo vazio livre de lã.....	81
APÊNDICE D – Valores individuais dos conteúdos de proteína, gordura e energia da lã.....	82
APÊNDICE E – Valores individuais dos consumos (kg/dia) de matéria seca (CMS), matéria orgânica (CMO), nitrogênio (CN), fibra em detergente neutro (CFDN) e carboidratos totais (CCHOT) dos cordeiros utilizados no ensaio de digestibilidade	83
APÊNDICE F – Valores individuais das excreções (kg/dia) de matéria seca (ExMS), matéria orgânica (ExMO), nitrogênio (ExN), fibra em detergente neutro (ExFDN) e carboidratos totais (ExCHOT) dos cordeiros utilizados no ensaio de digestibilidade.....	84

LISTA DE ABREVIATURAS

a.a.	Aminoácidos
CGI	Conteúdo gastrintestinal
DP	Derivados de purinas
ED	Energia digestível
EF	Energia fecal
EL _g	Exigência de energia líquida para ganho de peso, kcal/dia
EL _m	Exigência de energia líquida para manutenção, kcal/kg PV ^{0,75} /dia
EL _t	Exigência de energia líquida total (manutenção + ganho), kcal/dia
EM	Energia metabolizável
EM _g	Exigência de energia metabolizável para ganho de peso, kcal/dia
EM _m	Exigência de energia metabolizável para manutenção, kcal/kg PV ^{0,75} /dia
EM _t	Exigência de energia metabolizável total (manutenção + ganho), kcal/dia
GE	Energia dos gases de fermentação
H _c E	Produção de calor decorrente da termo regulação
H _d E	Produção de calor decorrente dos processos de digestão e absorção
HE	Produção de calor
H _e E	Produção de calor decorrente do metabolismo basal
H _f E	Produção de calor decorrente da fermentação no aparelho digestivo
H _i E	Incremento calórico
H _i E _g	Incremento calórico atribuído à produção
H _i E _m	Incremento calórico atribuído à manutenção
H _j E	Produção de calor decorrente da atividade voluntária
H _r E	Produção de calor decorrente da formação de produtos
H _w E	Produção de calor decorrente da formação e excreção de resíduos
k _g	Eficiência de utilização da energia metabolizável para ganho de peso
k _m	Eficiência de utilização da energia metabolizável para manutenção

k_{nf}	Eficiência de utilização da proteína metabolizável para ganho de peso
k_{nm}	Eficiência de utilização da proteína metabolizável para manutenção
k_{nw}	Eficiência de utilização da proteína metabolizável para crescimento da lã
Nm	Nitrogênio microbiano
NNPd	Nitrogênio não protéico microbiano digestível
NNPi	Nitrogênio não protéico microbiano indigestível
NNPm	Nitrogênio não protéico microbiano
PDR	Proteína degradável no rúmen
p.p.	Peptídeos
PL_f	Exigência de proteína líquida para ganho de peso corporal, g/dia
PL_c	Exigência de proteína líquida para gestação
PL_g	Exigência de proteína líquida para ganho de peso, g/dia
PL_l	Exigência de proteína líquida para produção de leite
PL_m	Exigência de proteína líquida para manutenção, g/kg PV ^{0,75}
PL_t	Exigência de proteína líquida total (manutenção + ganho), g/dia
PL_w	Exigência de proteína líquida para crescimento da lã, g/dia
Pm	Proteína microbiana
PM_c	Exigência de proteína metabolizável para ganho de peso corporal, g/dia
Pmd	Proteína microbiana verdadeira digestível
PM_f	Exigência de proteína metabolizável para ganho de peso, g/dia
Pmi	Proteína microbiana verdadeira indigestível
PM_m	Exigência de proteína metabolizável para manutenção, g/kg PV ^{0,75} /dia
PM_t	Exigência de proteína metabolizável total, g/dia
PmV	Proteína microbiana verdadeira
PM_w	Exigência de proteína metabolizável para crescimento da lã, g/dia
PNDR	Proteína não degradável no rúmen
PNDd	Proteína não degradável no rúmen digestível
PNDi	Proteína degradável no rúmen indigestível
RE	Retenção energética
UE	Energia urinária

Demais abreviaturas de uso consagrado na literatura são apresentadas no corpo do texto.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
2.1 Partição da energia e exigências energéticas dos ruminantes	15
2.2 Metabolismo dos compostos nitrogenados e exigências protéicas dos ruminantes	19
2.3 Interações dos metabolismos energético e protéico	23
2.4 Fatores que afetam as exigências nutricionais	24
2.4.1 Clima	24
2.4.2 Atividade voluntária	25
2.4.3 Idade, sexo e genótipo	26
3 MATERIAL E MÉTODOS	27
3.1 Local e época	27
3.2 Experimento 1 – Abate comparativo	27
3.2.1 Animais, instalações e dieta experimentais	27
3.2.2 Abates e composição das amostras.....	29
3.3 Experimento 2 – Ensaio de digestibilidade	29
3.3.1 Animais, instalações e procedimentos.....	29
3.3.2 Estimativa da digestibilidade e da concentração de energia metabolizável da dieta.....	30
3.3.3 Estimativa da síntese de proteína microbiana e da concentração de proteína metabolizável da dieta	30
3.4 Análises laboratoriais	30
3.4.1 Alimentos, sobras, fezes e urina	30
3.4.2 Componentes corporais	31
3.5 Determinação da composição corporal	32
3.6 Determinação das exigências líquidas de manutenção	32
3.6.1 Proteína.....	32
3.6.2 Energia.....	33

3.7 Determinação das exigências líquidas de ganho de peso	34
3.8 Estimativa das eficiências de utilização e das exigências de energia e proteína metabolizável	34
3.8.1 Energia.....	34
3.8.2 Proteína.....	35
3.9 Delineamento experimental e análise estatística	36
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	37
4.1 Consumo e desempenho	37
4.2 Digestibilidade e síntese de proteína microbiana	39
4.3 Composição corporal	41
4.4 Exigências de manutenção	45
4.4.1 Proteína.....	45
4.4.2 Energia.....	49
4.5 Exigências para ganho de peso	53
4.5.1 Proteína.....	53
4.5.2 Energia.....	56
4.6 Exigências totais (manutenção + ganho)	59
4.7 Avaliação do sistema <i>CNCPS-S</i> para estimativa do desempenho de cordeiros confinados	61
5 CONCLUSÕES	64
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	65

1 INTRODUÇÃO

A eficiência produtiva e econômica dos sistemas de produção animal depende, em grande parte, do uso de medidas racionais de manejo, sobretudo no tocante à nutrição dos animais, uma vez que a alimentação representa uma fração significativa dos custos de produção. Neste sentido, o correto balanceamento das dietas possui grande importância, sendo necessário para isso o acurado conhecimento das exigências nutricionais dos animais, assim como da composição bromatológica e da disponibilidade de nutrientes nos distintos alimentos.

Em relação à espécie ovina, o aumento da demanda pela carne de cordeiros observada nos últimos anos, tem estimulado a intensificação dos sistemas produtivos, com vistas à redução da idade de abate e à oferta de carcaças de melhor qualidade. Desta forma, inúmeros trabalhos têm sido realizados visando gerar tecnologias que permitam otimizar a resposta animal frente a diferentes alternativas alimentares. Todavia, muito pouco tem sido estudado acerca das exigências nutricionais de ovinos nas condições brasileiras, sendo raros os estudos sobre a eficiência de utilização dos nutrientes absorvidos. Como consequência, no Brasil ainda hoje as dietas para ovinos são balanceadas com base nas recomendações de Sistemas nutricionais internacionais, como o AFRC (1993) e o NRC (1985a; 2007), o que resulta, muitas vezes, em desempenho diferente daqueles estimados por estes Sistemas.

Os poucos trabalhos realizados com intuito de estabelecer as exigências nutricionais de ovinos no Brasil de fato têm demonstrado que estas diferem daquelas preconizadas internacionalmente (CARVALHO et al., 2000; PIRES et al., 2000; SILVA et al., 2003; OLIVEIRA et al., 2004; GONZAGA NETO et al., 2005; SILVA et al., 2007), o que tem sido relacionado, em parte, a variações nas condições de ambiente e alimentação. Além disso, os modelos propostos pelos Sistemas internacionais baseiam-se, majoritariamente, em animais com aptidão para produção de lã, o que não reflete as atuais condições brasileiras, onde as raças ovinas com aptidão para produção de carne têm sido amplamente difundidas.

O presente estudo teve por objetivo determinar as exigências e a eficiência de utilização da energia e da proteína por cordeiros com aptidão para produção de carne, confinados durante a fase de terminação, e compará-las com as recomendações dos Sistemas nutricionais internacionais.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Partição da energia e exigências energéticas dos ruminantes

A quantidade total de energia contida em um alimento, comumente denominada energia bruta (EB), representa a quantidade de calor produzido após sua oxidação completa a dióxido de carbono e água. Ao longo do processo de digestão e metabolização, contudo, parte significativa desta energia é perdida através das fezes (FE), da urina (UE), ou sob a forma de gases decorrentes do processo de fermentação (GE). Da energia restante, parte é utilizada pelo animal para manutenção da sua homeostase ou gasta nos processos de digestão e absorção (HE), e parte é recuperada (RE) sob a forma de produto animal (Figura 1).

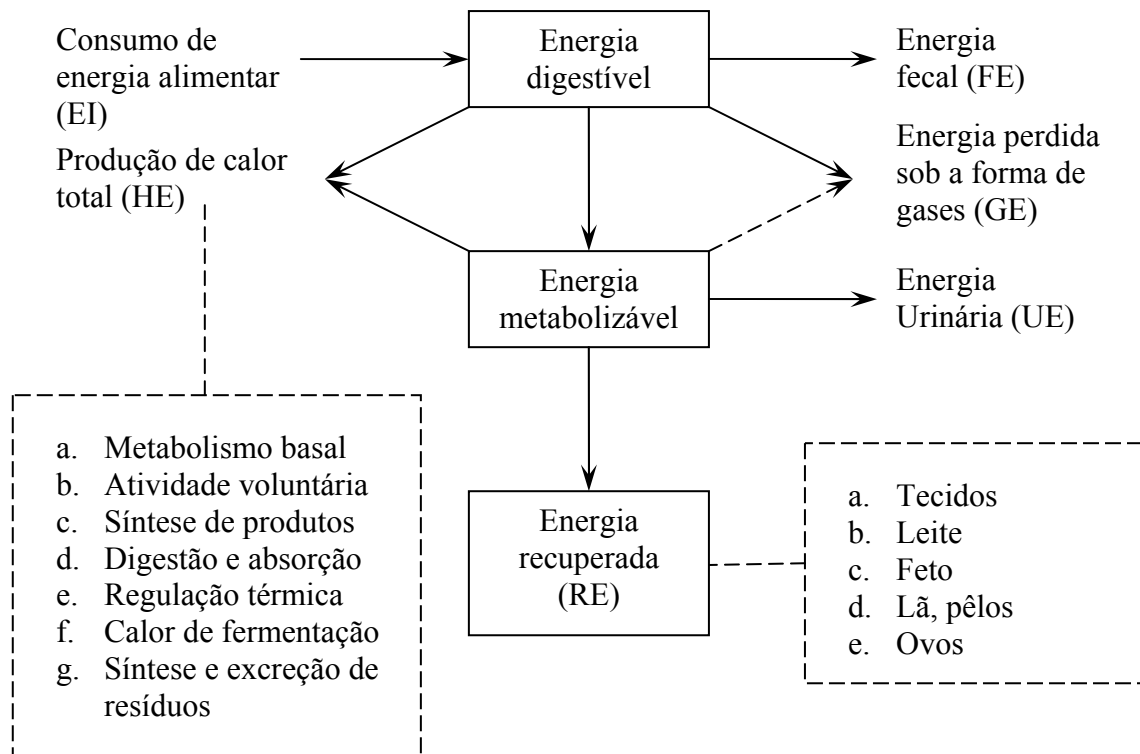


Figura 1 – Fluxograma da energia no organismo animal (adaptado do NRC (1981a)).

O fluxo de energia pelo organismo animal obedece à lei de conservação da energia (NELSON & COX, 2004). Desta forma, a quantidade de energia contida no alimento é equivalente ao somatório da perda energética fecal, urinária e gasosa, da produção de calor e da energia recuperada:

$$EI = FE + UE + GE + HE + RE$$

A magnitude da perda energética que ocorre através das fezes, da urina e dos gases pode variar em função da espécie animal (HUSTON et al., 1986; GARCIA et al., 1994), da composição da dieta (BLAXTER & CLAPPERTON, 1965; BÜRGER et al., 2000; DOREAU & DIAWARA, 2003; HADDAD et al., 2005; PEREIRA et al., 2007), do nível de consumo (BLAXTER & CLAPPERTON, 1965; GRIMAUD & DOREAU, 1995; GRIMAUD et al., 1999; ATTI et al., 2002; DOREAU et al., 2003) e da interação entre estes fatores. Deduzindo estas perdas da energia consumida, a quantidade de energia resultante será, então, absorvida e metabolizada pelo animal – consumo de energia metabolizável (CEM) –, resultando em produção de calor (HE) ou retenção energética (RE):

$$CEM = EI - (FE + UE + GE)$$

ou

$$CEM = HE + RE$$

Segundo o NRC (1981a), a HE é composta pela produção de calor decorrente do metabolismo basal (H_eE), da atividade voluntária (H_jE), da termo regulação (H_cE), da digestão e absorção (H_dE), da fermentação no aparelho digestório (H_fE), da formação e excreção de resíduos (H_wE), e da formação de produtos (H_rE). Por sua vez, RE é a quantidade de energia consumida acima da quantidade perdida como calor, sendo, para machos em crescimento ou fêmeas não gestantes e não lactantes, representada pela energia retida no corpo animal como proteína ou gordura. Assim, o consumo de energia metabolizável pode ser descrito como:

$$CEM = H_eE + H_jE + H_cE + H_dE + H_fE + H_wE + H_rE + RE$$

Os componentes H_dE , H_fE , H_wE e H_rE , combinados, correspondem à produção de calor associada à ingestão de alimento e metabolização dos nutrientes, e são considerados como incremento calórico (H_iE). A equação anterior pode, então, ser reescrita de tal forma:

$$CEM = H_eE + H_jE + H_cE + H_iE + RE$$

Partindo desta simplificação, em uma situação de jejum, onde H_iE e RE são nulos, a produção de calor estaria composta pelo metabolismo basal (H_eE) e pelo gasto energético decorrente da atividade voluntária (H_jE) e da termo regulação (H_cE), sendo denominada exigência líquida de energia para manutenção (EL_m). Considerando, ainda, um ambiente termo neutro, a exigência líquida de energia para manutenção corresponderia ao somatório de H_eE e H_jE :

$$EL_m = H_eE + H_jE + H_cE$$

ou

$$EL_m = H_eE + H_jE$$

As exigências de energia para manutenção podem ser influenciadas por fatores como raça, sexo, idade, ambiente e estágio fisiológico (NRC, 1996), uma vez que estes podem alterar a composição corporal dos animais. A atividade metabólica da proteína corporal é muito mais intensa que a do tecido adiposo, o que tende a elevar as exigências de manutenção, por unidade de tamanho metabólico, em animais com maiores proporções de músculos ou de menor maturidade fisiológica (GARRETT, 1980). Além disso, o tamanho de órgãos internos com elevada taxa metabólica, como é o caso do fígado, do coração e do trato gastrintestinal, afeta a quantidade de energia requerida para manutenção (FERRELL, 1988).

O National Research Council (1985a) reporta valor de energia líquida para manutenção da ordem de 56 kcal/kg $PV^{0,75}$ /dia, independentemente de tipo racial, sexo ou idade. Já o Agricultural and Food Research Council (AFRC, 1993), considerando os fatores idade e sexo relata, para cordeiros não castrados com até um ano de idade, valor de EL_m igual a 64,9 kcal/kg $PV^{0,75}$ /dia. Silva et al. (2003) verificaram, para cordeiros Ile de France x Ideal não castrados, exigência líquida de energia para manutenção de 75,04 kcal/kg $PV^{0,75}$ /dia.

Em estado alimentado, por outro lado, e considerando nulas a retenção e a perda energética corporal, o consumo de energia metabolizável equivaleria à exigência líquida de manutenção mais o incremento calórico, sendo denominado exigência de energia metabolizável de manutenção (EM_m) (LOFGREEN & GARRETT, 1968). Quando o consumo extrapola este

nível, parte da energia consumida será recuperada como produto animal, havendo, ainda, elevação do incremento calórico:

$$CEM = EL_m + H_iE + RE$$

Baseado no exposto acima, Williams & Jenkins (2003) propuseram que o H_iE pode ser fracionado em componentes atribuídos à manutenção (H_iE_m) e à produção (H_iE_g). Desta forma, o somatório de EL_m e H_iE_m corresponde à exigência de energia metabolizável para manutenção (EM_m), e de RE e H_iE_g à exigência de energia metabolizável para produção (EM_g). Considerando estas proposições e a RE como a exigência líquida de energia para produção (EL_g), a equação anterior pode ser reestruturada da seguinte forma:

$$CEM = EL_m + H_iE_m + EL_g + H_iE_g$$

ou

$$CEM = EM_m + EM_g$$

Como pode ser observado, quanto maiores os valores de H_iE_m e H_iE_g menor proporção da energia metabolizável consumida será utilizada para manutenção e para a produção, ou seja, a eficiência de utilização da energia metabolizável é inversamente proporcional ao incremento calórico. Além disso, considerando os componentes do H_iE deduz-se que o incremento calórico associado à manutenção é menor que aquele associado à produção, uma vez que neste último está incluído também o gasto energético decorrente da síntese de produtos (H_rE). Como consequência, a eficiência de utilização da energia para manutenção (k_m) é superior a do ganho (k_g) (DELFINO & MATHISON, 1991; ROMPALA et al., 1991; AFRC, 1993; FERRELL & JENKINS, 1998a).

Segundo o AFRC (1993) e o CSIRO (2007), a eficiência de utilização da energia está diretamente relacionada à concentração de EM da dieta, uma vez que dietas mais concentradas produzem menor incremento calórico, quanto comparadas a dietas baseadas em alimentos volumosos e de menor concentração energética. Desta forma, estes Sistemas propõem equações para predição dos valores de k_m e k_g em função do teor de EM da dieta, sem levar em consideração possíveis variações existentes entre diferentes raças e estágios fisiológicos (FERRELL & JENKINS, 1998a; 1998b), o que denota a necessidade de cautela no uso destas equações.

2.2 Metabolismo dos compostos nitrogenados e exigências protéicas dos ruminantes

A proteína bruta contida nos alimentos ($N \times 6,25$) é composta por uma fração degradável (PDR) e uma indegradável (PNDR). Esta última atravessa o ambiente ruminal livre da ação microbiana, podendo ser digerida no abomaso e duodeno. Por outro lado, a fração degradável é fermentada no rúmen originando, dentre outros compostos, peptídeos, aminoácidos e amônia, os quais podem ser utilizados para síntese de proteína microbiana (NRC, 1985b) (Figura 2).

O nitrogênio que chega ao abomaso e duodeno, desta forma, é composto por proporções variáveis de PNDR e nitrogênio presente nas células bacterianas, além de quantidades geralmente pouco significativas de nitrogênio endógeno (KOZLOSKI, 2002). Assim, a quantidade de aminoácidos disponíveis para absorção no intestino delgado, denominada proteína metabolizável (PM), provém da digestão enzimática destas frações. Tem sido proposto que 80% da proteína microbiana é representada por proteína verdadeira, a qual é 80% digestível (NRC, 2000; NRC, 2001; KOZLOSKI, 2002). A digestibilidade da proteína indegradável, por sua vez, pode variar em função de sua fonte. Assume-se, contudo, que em média esta é de 80% (NRC, 2000). Cerca de 50 a 80% do total de proteína metabolizável presente no intestino delgado é proveniente da digestão das células microbianas (BACH et al., 2005).

O sistema visceral utiliza parte significativa dos aminoácidos disponíveis no lúmen intestinal. Apesar de o conteúdo protéico dos órgãos que compõem o trato gastrintestinal e do fígado, juntos, representar apenas cerca de 7 a 8% da massa protéica corporal (LOBLEY et al., 1980), estes órgãos apresentam elevada taxa de renovação protéica, sendo responsáveis por até 50% da síntese protéica diária no corpo animal (ATTAIX et al., 2005).

Cerca de 30 a 80% dos aminoácidos que desaparecem do lúmen intestinal são recuperados no sangue portal (TAGARI & BERGMAN, 1978). A captação de aminoácidos pelo fígado, por sua vez, pode representar de 20 a 100% do fluxo portal de aminoácidos. Além de ser utilizados na renovação protéica dos tecidos hepáticos, muitos aminoácidos são convertidos à glicose neste órgão, ou estão associados ao ciclo da uréia sendo, portanto, captados em grandes proporções (WRAY-CAHEN et al., 1997; KOZLOSKI, 2002). Desta forma, os aminoácidos que chegam à circulação geral representam uma pequena fração daqueles absorvidos, e serão utilizados pelos tecidos periféricos com eficiência variando de acordo com o processo fisiológico ao qual se destinam (AFRC, 1992).

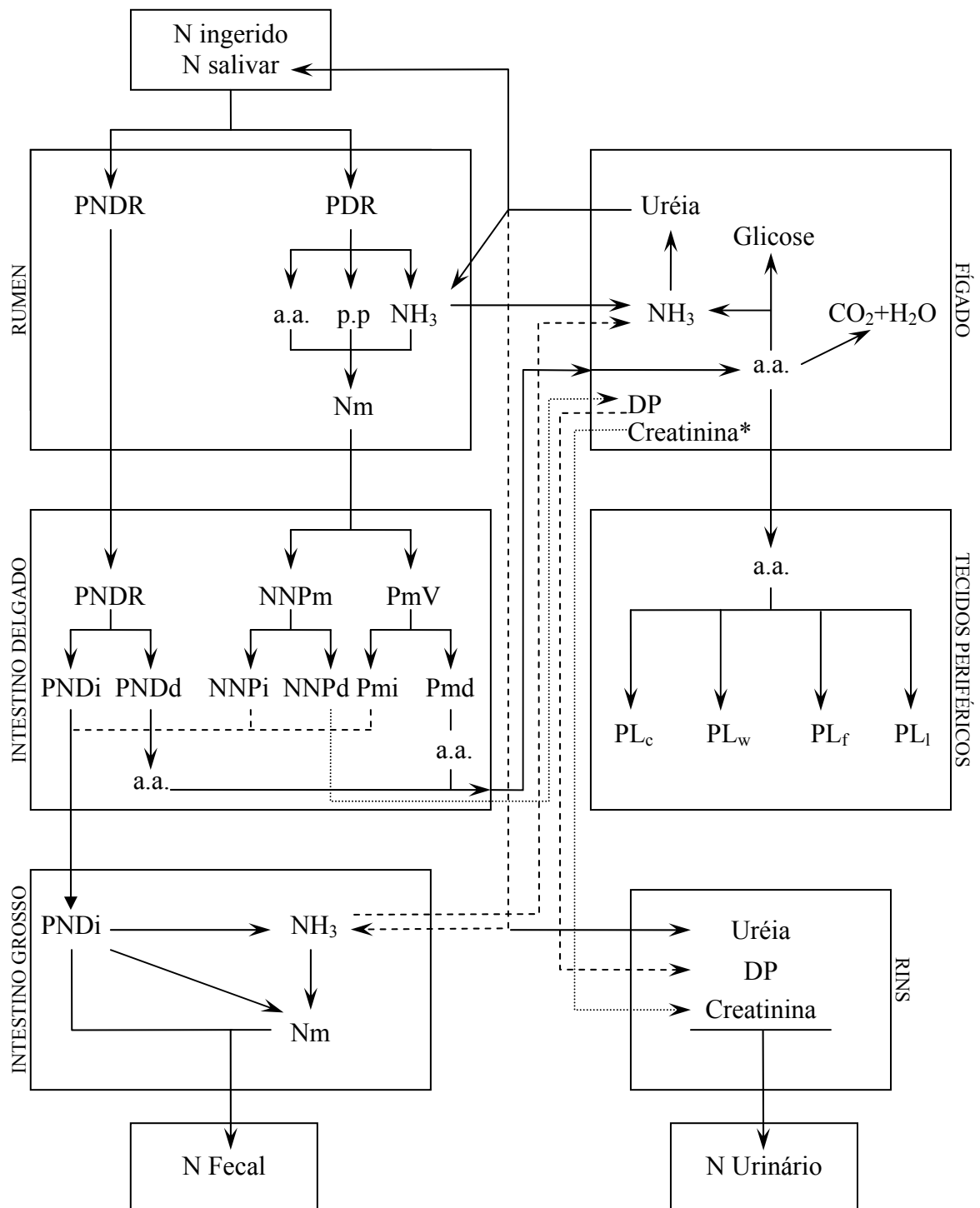


Figura 2 – Representação esquemática da digestão e do metabolismo dos compostos nitrogenados nos animais ruminantes.

*A creatinina excretada deriva do metabolismo do tecido muscular.

Os significados das abreviações estão descritos em listagem anexa (ver p. 10).

O organismo animal possui uma demanda obrigatória por aminoácidos, a qual está relacionada à manutenção do balanço de nitrogênio, ou seja, à reposição do nitrogênio

excretado do organismo (PFANDER, 1969). Esta perda, comumente denominada exigência líquida de proteína para manutenção, representa o somatório do nitrogênio endógeno urinário e do nitrogênio endógeno fecal (nitrogênio endógeno basal), além das perdas decorrentes da descamação da epiderme e do nitrogênio retido nos pêlos e na lã (AFRC, 1993). Sugere-se, contudo, que o crescimento da lã em cordeiros é proporcional à taxa de crescimento do animal, sendo a deposição de proteína neste tecido considerada separadamente, como exigência de ganho (ARC, 1980).

A excreção endógena de nitrogênio foi primeiramente descrita por Folin (1905), como a mínima excreção de nitrogênio corporal, e é representada por compostos de naturezas distintas como a creatinina, algumas purinas e pirimidinas, uréia e resíduos de enzimas secretadas no lúmen do aparelho digestivo, além do nitrogênio proveniente da descamação do epitélio deste. A creatinina, um produto do metabolismo da creatina muscular, é eliminada do organismo através da urina em proporções constantes, independentemente da dieta e do nível de consumo de alimento (FOLIN, 1905; SMUTS, 1935; KERTZ et al., 1970; VAGNONI et al., 1997). Estudos têm demonstrado, entretanto, que a excreção diária de creatinina está diretamente relacionada ao conteúdo de proteína corporal, sendo maior, portanto, em animais de maior massa muscular (LOFGREEN & GARRETT, 1954; ISTASSE et al., 1990). A excreção de bases nitrogenadas e uréia, por sua vez, deriva do catabolismo protéico celular. De forma geral, todas as células do organismo encontram-se em um contínuo processo de degradação e síntese. Neste processo, grande parte dos aminoácidos provenientes da degradação protéica podem ser captados e reutilizados (SWICK & BENEVENGA, 1977; ATTAIX et al., 2005). Os aminoácidos remanescentes serão oxidados ou convertidos à glicose, e o grupamento amino resultante poderá ser excretado junto à urina na forma de uréia (CUNNINGHAM, 2004). Além da uréia e de bases nitrogenadas, outros produtos derivados do catabolismo protéico celular, como a 3-metilhistidina, são encontrados na urina (GOPINATH & KITTS, 1984; MORGAN et al., 1993).

Estudos que quantificaram a perda basal de nitrogênio em bovinos e ovinos têm observado valores entre 200 e 420 mg/kg PV^{0,75}/dia (LOBLEY, 1992; SILVA, 1996). Inúmeros fatores, contudo, tornam complicada sua estimativa em animais ruminantes, sobretudo pela dificuldade de separá-la de outras fontes de excreção de nitrogênio. A utilização da amônia pelos microrganismos ruminais, por exemplo, depende, dentre outros fatores, da disponibilidade de energia (NRC, 1985b) e da sincronização das taxas de degradação dos carboidratos e compostos nitrogenados presentes na dieta (HERRERA-SALDANA et al., 1990; BACH et al., 1999; REYNAL et al., 2003; SWENSSON, 2003;

SVEINBJORNSSON et al., 2006). O excesso de amônia produzido é absorvido pelo epitélio ruminal, sendo transportado ao fígado através do sistema portal. No fígado, uma parte da amônia pode ser utilizada em reações de transaminação, entretanto a maior parte desta é convertida a uréia, podendo retornar ao rúmen através da saliva ou por via transepitelial, ou ser excretada junto à urina (KOZLOSKI, 2002). O nitrogênio endógeno fecal, por sua vez, pode ser utilizado pelos microrganismos presentes no intestino grosso para síntese protéica. Adicionalmente, parte da uréia sintetizada no fígado pode chegar a este órgão, resultando em aumento da síntese de proteína microbiana e, conseqüentemente, em maior perda fecal de nitrogênio (GIRÁLDEZ et al., 1997).

A estimativa da excreção basal de nitrogênio com animais mantidos em jejum, por outro lado, também encontra algumas dificuldades. Embora em estado alimentado o propionato seja o maior precursor de glicose no fígado, durante o jejum muitos aminoácidos são mobilizados dos tecidos periféricos e utilizados para este fim (LOBLEY, 1992; KOZLOSKI, 2002), resultando em maior excreção de uréia. Este fato tem sido claramente demonstrado em ruminantes alimentados com dietas isentas de nitrogênio. Ørskov et al. (1983) observaram que bovinos em jejum, mas recebendo infusão intragástrica de ácidos graxos voláteis, isenta de nitrogênio, excretaram 40 a 60% menos nitrogênio, quando comparados a um grupo de animais não infundidos. Este método têm sido, desta forma, amplamente utilizado para estimativa da mínima excreção de nitrogênio (SILVA, 1996).

Sob estas condições, contudo, muitas vezes a excreção basal de nitrogênio pode ser superestimada, devido a perda de funcionalidade da microflora ruminal (CSIRO, 2007). Além disso, a excreção endógena fecal tem sido diretamente correlacionada ao consumo e concentração de fibra dietética (GIRÁLDEZ et al., 1997). Assim, a infusão intragástrica de nutrientes poderia resultar em uma subestimativa desta fração. Em função disso, as exigências de proteína para manutenção têm sido muitas vezes estimadas por meio de equações relacionando o balanço e consumo de nitrogênio (EARLY et al., 2001; SILVA et al., 2003; GONZAGA NETO et al., 2005).

Afora os aminoácidos necessários para suprir a perda basal de nitrogênio, aqueles ingeridos em excesso serão utilizados para síntese de produtos. A estimativa das exigências líquidas de proteína para produção, desta forma, é realizada mediante a quantificação da retenção protéica nos diferentes tecidos (ARC, 1980).

A eficiência de utilização da proteína metabolizável, contudo, depende da quantidade relativa de cada aminoácido presente nesta (OLDHAM, 1987), dentre outros fatores. Neste sentido, a deposição de proteína na lã, particularmente, difere da deposição de proteína nos

demais tecidos corporais devido a sua elevada proporção de aminoácidos sulfurados, principalmente cistina (HYND & MASTERS, 2002). Como os aminoácidos sulfurados geralmente correspondem a uma pequena proporção dos aminoácidos absorvidos (CSIRO, 2007), a eficiência de utilização da proteína metabolizável para crescimento da lã é inferior àquela observada para os demais processos fisiológicos.

2.3 Interações dos metabolismos energético e protéico

As inter-relações existentes entre a energia e a proteína no organismo animal constituem-se em fatores determinantes da eficiência de uso dos nutrientes e, conseqüentemente, das exigências nutricionais dos animais. Nos animais ruminantes, estas interações têm início no rúmen e são traduzidas, em um primeiro momento, pela capacidade de crescimento da flora microbiana ruminal.

Como descrito anteriormente, a captação de amônia, e conseqüente síntese de proteína microbiana, é dependente da disponibilidade de energia no rúmen e da sincronia entre as taxas de degradação dos carboidratos e compostos nitrogenados presentes na dieta, dentre outros fatores. O excesso de amônia produzido é conduzido ao fígado e, em sua maior parte, convertido a uréia em uma rota metabólica endergônica (KOZLOSKI, 2002). Desta forma, a baixa utilização da amônia pelos microrganismos ruminais pode resultar em incremento das exigências energéticas de manutenção (CANNAS et al., 2004).

O custo energético líquido da síntese de uréia, contudo, não está claramente definido. O gasto de 4 moléculas de ATP para cada molécula de uréia sintetizada, parece ser contrabalanceado, em partes, pela formação de uma molécula de fumarato no ciclo da uréia. Este, por sua vez, libera um NADH no Ciclo de Krebs, o que pode resultar na síntese de 3 moléculas de ATP (KOZLOSKI, 2002; WRIGHT et al., 2005). Tem sido sugerido, desta forma, que o incrementado gasto energético observado em situações de baixa utilização da amônia no rúmen pode estar relacionado não apenas à síntese de uréia (LOBLEY et al., 1995). É possível que a deaminação de aminoácidos, necessária para o fornecimento de intermediários do ciclo da uréia, resulte em elevação da disponibilidade de substratos para neoglicogênese, cujo custo energético é variável, porém significativo (LAPIERRE & LOBLEY, 2001; KOZLOSKI, 2002).

Neste sentido, o local de digestão e a quantidade relativa de seus produtos finais, também podem afetar o custo energético para manutenção dos animais. Uma maior produção líquida de propionato, principal precursor de glicose nos animais ruminantes, por exemplo,

pode exercer efeito negativo sobre o a neoglicogênese a partir de aminoácidos. Embora a neoglicogênese a partir do propionato seja um processo energeticamente ineficiente (cada mol de glicose sintetizada implica em um gasto de 4 moles de ATP), a síntese de glicose a partir de aminoácidos pode resultar em um balanço negativo de até 12 ATP (KOZLOSKI, 2002). Além disso, um acréscimo da quantidade de concentrado na dieta pode resultar em aumento da quantidade de amido hidrolisado no intestino delgado, com conseqüente incremento no uso de glicose como substrato energético por este órgão.

Afora estes aspectos, a redução da neoglicogênese a partir de aminoácidos pode, ainda, elevar a disponibilidade destes para síntese protéica (LOBLEY et al., 1995). No entanto, este processo, assim como a degradação protéica celular, é energeticamente custoso. Em um ruminante adulto, cerca de 5% da proteína corporal é renovada diariamente, respondendo por até 35% do calor produzido pelo animal. Este valor pode ser ainda maior em um animal jovem, uma vez que as taxas de síntese e degradação protéica diminuem com o avanço da maturidade (ATTAIX et al., 2005). Além disso, tem sido proposto que a síntese protéica, necessária para o crescimento animal, demanda, no mínimo, 75% mais energia do que a sua degradação (LOBLEY, 2003).

2.4 Fatores que afetam as exigências nutricionais

2.4.1 Clima

Ao longo do ciclo de produção os animais estão expostos a um conjunto de fatores climáticos que podem, direta ou indiretamente, afetar o seu metabolismo e, conseqüentemente, interferir nas suas exigências nutricionais (NRC, 1981b; DEGEN & YOUNG, 2002). De forma geral, temperaturas demasiadamente baixas ou altas resultam em aumento da demanda energética para termo regulação (JOYCE & BLAXTER, 1964; DEGEN & YOUNG, 2002), podendo também afetar o consumo e a eficiência de utilização dos nutrientes ingeridos (MADER & DAVIS, 2004).

Os mecanismos fisiológicos pelos quais os animais respondem às condições adversas de ambiente são mediados por hormônios, e caracterizam-se, basicamente, por alterações nas freqüências cardíaca e respiratória e na distribuição do fluxo sanguíneo entre órgãos vitais e tecidos periféricos (YOUNG et al., 1989). Sano et al. (1999) observaram decréscimo da freqüência respiratória e elevação da freqüência cardíaca quando os animais foram expostos à baixas temperaturas, o que pode resultar em incremento das exigências energéticas de manutenção (BROSH et al., 1998; PUCHALA et al., 2007).

O estabelecimento das zonas de conforto térmico ou termo neutralidade, isto é, das condições ideais de ambiente onde o gasto energético decorrente da termo regulação não é afetado pelas condições ambientais, é dependente da interação entre os principais fatores climáticos atuantes sobre os animais (temperatura ambiente, velocidade do vento, umidade relativa e índice de radiação solar) (NRC, 1981b). Neste sentido, tem sido sugerido que a zona de termo neutralidade de ovinos pode variar, amplamente, dos -3 aos 28°C (TURNPENNY et al., 2000), dependendo da velocidade do vento e do grau de isolamento térmico do animal. Todavia, Degen & Young (2002) relataram que as exigências de manutenção de cordeiras Suffolk foram incrementadas em 30% quando a temperatura ambiente foi reduzida de 20 para 10°C , e em 75% quando a temperatura foi de 0°C .

A presença de vento pode atenuar o estresse térmico provocado por temperaturas elevadas ou, de outra forma, acentuar este quando a temperatura ambiente é reduzida (NRC, 1981b; CANNAS et al., 2004). Além disso, o grau de isolamento térmico do animal responde por grande parte da sua capacidade de adaptação ao ambiente. Na espécie ovina esta característica é marcadamente influenciada pela presença de lã (TURNPENNY et al., 2000; CANNAS et al., 2004). Joyce & Blaxter (1964) observaram que animais com comprimento de mecha de 20 mm expostos a um ambiente com temperatura de 5°C apresentaram produção de calor cerca de 54% maior quando a velocidade do vento passou de 0,3 para 4,3 m/s. Para a mesma situação, animais com comprimento de mecha de 89 mm apresentaram produção de calor cerca de 8% menor.

2.4.2 Atividade voluntária

O gasto energético decorrente da atividade voluntária pode afetar significativamente as exigências nutricionais dos animais, sendo responsável por grande parte das diferenças existentes entre animais confinados e aqueles em regime de pastejo (NRC, 2007). Segundo o CSIRO (1990), o aumento da exigência de energia para manutenção de animais em pastejo pode variar de 10 a 20%, sob condições adequadas de pastejo, a até 50%, para animais sob condições extensivas, onde haja necessidade de percorrer grandes distâncias para ingestão de forragem e água. Neste sentido, Cannas et al. (2004), baseado nas recomendações do ARC (1980), sugeriram ajustes na exigência de manutenção de ovinos equivalentes a 0,62 e 6,69 kcal/kg PV para cada quilômetro percorrido diariamente em terrenos planos e inclinados, respectivamente.

Para animais confinados, o gasto energético decorrente da atividade voluntária pode ser incrementado, principalmente, por uma possível elevação do tempo despendido em ingestão e ruminação (CSIRO, 2007), os quais são determinados, dentre outros fatores, pelo aumento da concentração de fibra dietética (VAN SOEST, 1994). Susenbeth et al. (1998) sugeriram que as atividades de ingestão e ruminação demandam, respectivamente, 0,03 e 0,002 kcal/kg $PV^{0,75}$ /minuto, o que pode resultar em menor disponibilidade de energia para produção, sobretudo quando os animais são alimentados com volumosos de baixa qualidade.

2.4.3 Idade, sexo e genótipo

A composição corporal dos animais é fator determinante das exigências nutricionais dos mesmos. De forma geral, à medida que a maturidade avança ocorre um aumento da concentração de gordura e concomitante decréscimo da concentração de proteína corporal (ARC, 1980). Animais de diferentes sexos ou genótipos podem, contudo, apresentar diferentes curvas de crescimento, o que pode resultar em variações nas exigências de manutenção e ganho (OLTHOFF & DICKERSON, 1989; FREETLY et al., 2002a).

Como descrito anteriormente, a atividade metabólica da proteína corporal é muito mais intensa que a do tecido adiposo, o que tende a elevar as exigências de manutenção de animais com menor maturidade fisiológica ou com maior proporção de massa muscular (GARRETT, 1980). Além disso, a taxa de deposição de gordura pode diferir entre animais de diferentes sexos, sendo maior para fêmeas, seguidas por machos castrados e machos não-castrados. Em função disso, sugere-se que as exigências de manutenção de cordeiros machos não-castrados são cerca de 15% superiores (ARC, 1980).

O declínio da produção de calor com o avanço da maturidade tem sido bem documentado. Blaxter (1962) sugeriu que as exigências energéticas para manutenção decrescem linearmente em ovinos, entre o primeiro e o sexto ano de vida, o que está relacionado à elevação da deposição de gordura corporal, aliada ao decréscimo taxa de renovação protéica no organismo (FREETLY et al., 2002a; ATTAIX et al., 2005). Contudo, quando os animais são submetidos a baixos níveis nutricionais esta resposta pode ser variável, uma vez que a composição corporal dos animais pode ser alterada (FREETLY et al., 2002b). Além disso, cronologicamente a maturidade é atingida por diferentes raças em idades distintas. Neste sentido, as raças com aptidão para produção de carne, de forma geral, apresentam maturidade tardia e parecem diferir das raças com aptidão para produção de lã no tocante às suas exigências nutricionais (FREETLY et al., 1995; 2002a).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local e época

O trabalho foi desenvolvido no período de agosto de 2006 a fevereiro de 2007 no Laboratório de Ovinocultura da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), localizada em Santa Maria (29°43'S, 53°42'W, 95 m a.n.m.), RS, Brasil. A temperatura média durante o período experimental, de acordo com a Estação Meteorológica da UFSM, foi de 20,4°C, com média das mínimas de 9,8°C em agosto e média das máximas de 32,1°C em dezembro.

3.2 Experimento 1 – Abate comparativo

3.2.1 Animais, instalações e dieta experimentais

Foram utilizados trinta cordeiros $\frac{1}{6}$ Texel $\frac{5}{6}$ Ile de France, machos não-castrados, desmamados aos 42 dias de idade com peso vivo (PV) médio de $16,2 \pm 2,1$ kg. Os animais foram tratados com Cloridrato de Levamisol para controle de endoparasitos e, então, confinados em baias individuais providas de comedouros e bebedouros, sendo alimentados *ad libitum* por um período de 10 dias, para adaptação à dieta e às condições experimentais.

Transcorrido o período de adaptação, cinco animais foram aleatoriamente selecionados e abatidos, servindo como referência na metodologia do abate comparativo (ARC, 1980). Dentre os remanescentes, quinze animais foram alimentados *ad libitum* e abatidos aos 25, 30 ou 35 kg de peso vivo (cinco animais por grupo) sendo, os demais, submetidos a dois níveis de restrição alimentar, de forma a obterem-se diferentes níveis de consumo de energia metabolizável (EM): 70 e 55% do consumo *ad libitum*, expresso em percentual do peso vivo. O abate destes últimos foi realizado juntamente com aqueles abatidos aos 35 kg de PV, independentemente do peso em que se encontravam.

A dieta foi composta por silagem de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench), milho triturado (*Zea mays* L.), farelo de soja (*Glycine max* L.), calcário calcítico e sal comum, sendo formulada de acordo com as recomendações do AFRC (1993) para ganho diário de peso vivo de 200 g/animal. Silagem e concentrado foram pesados individualmente e misturados imediatamente antes do fornecimento (8:00 e 16:00 horas). As quantidades

fornechas foram ajustadas diariamente admitindo-se, para os animais alimentados *ad libitum*, 10% de sobras. Diariamente foram coletadas amostras dos alimentos fornecidos e de suas respectivas sobras para posteriores análises químicas. A formulação e a composição química da ração experimental constam na Tabela 1.

Tabela 1 – Formulação e composição química da dieta experimental

Ingrediente (%)	Ração total		
Silagem de sorgo	55,0		
Milho triturado	20,7		
Farelo de soja	23,2		
Calcário calcítico	0,85		
Sal comum	0,25		
	Silagem	Concentrado	Ração total
Matéria seca (%)	34,6	80,8	46,6
Composição (% MS)			
Matéria orgânica	95,5	93,9	94,8
Proteína bruta	6,6	30,6	17,4
Fibra em detergente neutro	47,4	9,9	30,6
Fibra em detergente ácido	24,8	3,7	15,3
Carboidratos não-estruturais	39,7	51,2	44,9
Lignina	3,4	0,4	2,0
Extrato etéreo	2,6	3,0	2,8
NIDN ^{a,*}	12,22	3,14	5,03
NIDA ^{b,*}	5,39	0,33	1,38

^aNitrogênio insolúvel em detergente neutro; ^bnitrogênio insolúvel em detergente ácido; * % do N total.

Os animais foram pesados ao início do período experimental e a cada 10 dias, de forma a possibilitar o correto ajuste da quantidade de alimento ofertada aos animais sob restrição. O intervalo entre as pesagens foi reduzido na medida em que os animais se aproximavam do peso de abate pré-estabelecido.

3.2.2 Abates e composição das amostras

Os abates foram realizados, após insensibilização elétrica, mediante sangria, pela secção das artérias carótidas e veias jugulares, sendo precedidos de jejum de sólidos por 16 horas. Após a esfolação e evisceração, cada componente corporal (sangue, pele+lã, patas, cabeça+cérebro, vísceras e carcaça) foi pesado individualmente. A lã foi removida da pele com auxílio de máquina de tosquia elétrica, pesada e armazenada separadamente. Os conteúdos do trato gastrointestinal (CGI), bexiga e vesícula biliar foram eliminados possibilitando, desta forma, o cálculo do peso de corpo vazio:

$$PCV = PV - (CGI + urina + bile)$$

As carcaças foram acondicionadas em câmara frigorífica a 2°C por 24 horas. Em seguida foram longitudinalmente seccionadas e, a meia carcaça direita, juntamente com a metade direita da cabeça e as extremidades dos membros direitos de cada animal, foi dissecada em ossos, músculos e gordura. Todos os componentes corporais foram triturados, amostrados (aproximadamente 500 g) e congelados para posteriores análises químicas.

3.3 Experimento 2 – Ensaio de digestibilidade

3.3.1 Animais, instalações e procedimentos

Seis cordeiros $\frac{1}{16}$ Texel $\frac{5}{16}$ Ile de France, machos não-castrados, com peso médio inicial de $30,4 \pm 2,6$ kg, foram mantidos em gaiolas metabólicas individuais providas de comedouro, bebedouro e coletores de fezes e urina, sob delineamento experimental duplo quadrado latino 3x3, com o objetivo de avaliarem-se a digestibilidade da dieta, a excreção urinária e a síntese de proteína microbiana sob os distintos níveis de alimentação: *ad libitum*, 70 e 55% do consumo *ad libitum*. Os animais foram tratados com Cloridrato de Levamisol e permaneceram sob adaptação às condições experimentais por um período de 21 dias. A dieta e os procedimentos de alimentação foram similares àqueles citados para o experimento 1. O ensaio foi conduzido em três períodos de 15 dias, sendo 10 dias de adaptação às dietas e 5 dias de coleta de amostras. Os animais foram pesados ao início e ao final de cada período, após jejum absoluto por aproximadamente 16 horas.

As quantidades oferecidas e as sobras foram mensuradas diariamente durante todo o período experimental. A urina foi coletada em frascos contendo 100 ml de uma solução de

ácido sulfúrico a 20% (v/v). Amostras de fezes (aproximadamente 10% do total) e de urina (1% do volume total) foram coletadas diariamente. As amostras de urina foram diluídas com água destilada para completar um volume de 100ml e congeladas (-20°C) para posteriores análises. As amostras diárias das sobras, fezes e urina foram homogeneizadas por animal e por período, constituindo amostras compostas.

3.3.2 Estimativa da digestibilidade e da concentração de energia metabolizável da dieta

A digestibilidade aparente, sob os diferentes níveis de consumo, foi estimada pela diferença entre o consumido e o excretado nas fezes. A digestibilidade verdadeira da matéria orgânica foi calculada segundo Mulligan et al. (2001), assumindo que apenas a fração de FDN fecal é proveniente da dieta (VAN SOEST, 1994).

As concentrações de energia metabolizável (EM) foram estimadas pela diferença entre a energia digestível e a perda de energia urinária (PALADINES et al., 1964) e sob a forma de metano (BLAXTER & CLAPPERTON, 1965).

3.3.3 Estimativa da síntese de proteína microbiana e da concentração de proteína metabolizável da dieta

A síntese de nitrogênio microbiano foi estimada com base na excreção urinária de derivados de purinas (DP), conforme metodologia descrita por Chen & Gomes (1995). Para conversão dos valores de Nm em proteína microbiana (Pm) utilizou-se o fator de correção 6,25. O teor de proteína metabolizável (PM) da dieta foi obtido pelo somatório da proteína microbiana verdadeira (PmV) e da proteína indegradável no rúmen (PNDR) digestíveis. A concentração de PNDR foi estimada com base nas equações propostas por Cannas et al. (2004). Considerou-se que 80% da Pm total é representada por proteína verdadeira, cuja digestibilidade é de 80%. A PNDR, por sua vez, é 80% digestível (NRC, 2000).

3.4 Análises laboratoriais

3.4.1 Alimentos, sobras, fezes e urina

As amostras dos alimentos fornecidos, sobras e fezes foram pré-secadas em estufa de ventilação forçada a 55°C por aproximadamente 72 horas sendo, em seguida, trituradas em moinho “Willey” com peneira de 1 mm. Determinaram-se os teores de matéria seca (MS) por

secagem em estufa a 105°C durante 24 horas, e de cinzas por incineração em mufla a 550°C durante 2 horas (SILVA & QUEIROZ, 2002). O teor de nitrogênio total (N) foi determinado pelo método Kjeldahl (AOAC, 1995), modificado segundo Kozloski et al. (2003). Para conversão dos valores de N em proteína bruta (PB) foi utilizado o fator de correção 6,25. A determinação dos teores de extrato etéreo (EE) foi realizada em sistema de refluxo de éter (Soxtherm, Gerhardt, Alemanha) a 180°C, durante 2 horas. Fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e lignina em detergente ácido foram determinadas segundo Robertson & Van Soest (1981). Os teores de nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN) e nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA) foram analisados segundo Licitra et al. (1996). A estimativa dos teores de carboidratos não estruturais (CNE) foi realizada segundo Van Soest et al. (1991), em que $CNE = 100 - [PB + EE + (FDN - (NIDN \times 6,25)) + cinzas]$. O calor de combustão das amostras foi determinado em bomba calorimétrica (Parr, Calorímetro Adiabático, EUA).

Nas amostras de urina foram determinados o teor de N total e a concentração de derivados de purinas (alantoína e ácido úrico) por colorimetria, segundo metodologia descrita por Chen & Gomes (1995). A concentração de ácido úrico foi determinada usando um Kit comercial (LABTEST, Lagoa Santa, MG, Brasil), após o uso de xantina oxidase para conversão de xantina e hipoxantina em ácido úrico.

3.4.2 Componentes corporais

À exceção das amostras de sangue, as amostras de componentes corporais previamente trituradas (aproximadamente 200 g) foram secas em estufa a 105°C por 96 horas, para determinação do teor de MS. Em seguida, as amostras secas foram submersas em éter de petróleo e filtradas, conforme metodologia adaptada de Kock & Preston (1979). A perda de peso decorrente deste processo forneceu um valor preliminar de gordura. As amostras residuais foram, então, processadas em moinho “Willey” com peneira de 1 mm. O processamento das amostras de ossos foi realizado em moinho de bola. Posteriormente foram determinados os teores de N total pelo método Kjeldahl (AOAC, 1995), modificado segundo Kozloski et al. (2003), e extrato etéreo, em sistema de refluxo (Soxtherm, Gerhardt, Alemanha) utilizando éter de petróleo aquecido a 180°C, durante 6 horas, cujo resultado foi adicionado aos valores obtidos previamente, para determinação do teor total de extrato etéreo.

As amostras de sangue foram acondicionadas em recipientes de alumínio e levadas à estufa de ventilação forçada a 65°C por 72 horas, para determinação da matéria parcialmente

seca (MPS). Posteriormente foram trituradas em moinho “Willey” e submetidas às determinações de MS, N e EE.

3.5 Determinação da composição corporal

Os conteúdos corporais de gordura e proteína foram estimados pelo somatório dos valores, expressos em gramas (g), de cada fração nos diferentes componentes. A concentração corporal de energia foi calculada utilizando-se os equivalentes calóricos da gordura e da proteína, segundo o ARC (1980):

$$\text{Energia corporal (kcal)} = (9,40 \times \text{Gordura corporal, g}) + (5,64 \times \text{Proteína corporal, g})$$

Para estimativa da composição corporal dos animais alimentados *ad libitum*, em diferentes pesos, foi utilizada a equação de regressão do logaritmo do conteúdo corporal de gordura, proteína ou energia (Y) em função do logaritmo do PCV (X) conforme metodologia preconizada pelo ARC (1980). Considerou-se a composição da lã e do corpo vazio livre de lã separadamente, sendo estas posteriormente somadas para determinação da composição corporal total:

$$\text{Log Y} = a + b \text{Log X} \quad [1]$$

O PCV foi estimado em função do peso vivo (PV) dos animais referência e daqueles alimentados *ad libitum*:

$$\text{PCV} = 1,8603 + 0,7526 \times \text{PV} \quad (r^2 = 98,94) \quad [2]$$

3.6 Determinação das exigências líquidas de manutenção

3.6.1 Proteína

Para cálculo da retenção de nitrogênio (N corporal final – N corporal inicial) pelos animais durante o período experimental, estimou-se a quantidade de nitrogênio presente no corpo ao início do experimento (N_i) com base na equação a seguir, obtida a partir dos dados dos animais referência:

$$\text{Log } N_i = 1,7405 + 0,7557 \times \text{Log } \text{PCV}_i \quad (r^2 = 98,54) \quad [3]$$

Em que, PCV_i representa o peso de corpo vazio de cada animal ao início do experimento.

A estimativa do valor de PCV_i , por sua vez, foi realizada pela regressão entre os valores de PCV e PV dos animais referência, obtendo-se a seguinte equação:

$$\text{PCV}_i = 3,2337 + 0,6888 \times \text{PV}_i \quad (r^2 = 92,25) \quad [4]$$

Em que, PV_i representa o peso vivo de cada animal ao início do experimento.

Quantificadas a ingestão e a retenção de nitrogênio pelos cordeiros, foi obtida a relação do nitrogênio retido no corpo animal ($\text{g/kg PV}^{0,75}/\text{dia}$) em função do nitrogênio ingerido ($\text{g/kg PV}^{0,75}/\text{dia}$).

Extrapolando-se os valores de ingestão de N ao nível zero, o valor que intercepta o eixo Y representa as perdas endógenas e metabólicas de N, a qual, multiplicada pelo fator de correção (6,25) corresponde à exigência líquida de proteína para manutenção (PL_m). Por outro lado, a exigência dietética de proteína bruta para manutenção foi representada pelo intercepto do eixo X, quando a retenção de N é igual à zero. O coeficiente de regressão da equação representa a eficiência de utilização do nitrogênio ingerido (SILVA, 1996).

3.6.2 Energia

A exigência de energia líquida para manutenção (EL_m) foi determinada pela regressão do logaritmo da produção de calor (PC, $\text{kcal/kg PV}^{0,75}/\text{dia}$) em função do consumo de energia metabolizável (CEM, $\text{kcal/kg PV}^{0,75}/\text{dia}$), extrapolando-se a equação para o nível zero de CEM, segundo metodologia descrita por Lofgreen & Garrett (1968), em que:

$$\text{PC} = \text{EM ingerida (kcal/kg PV}^{0,75}/\text{dia)} - \text{energia retida (kcal/kg PV}^{0,75}/\text{dia)} \quad [5]$$

A estimativa do conteúdo energético corporal ao início do experimento (Energia_i), para fins de cálculo da quantidade de energia retida, foi realizada pela regressão do logaritmo do conteúdo corporal de energia em função do logaritmo do peso de corpo vazio dos animais referência, como segue:

$$\text{Log Energia}_i = 2,5852 + 1,5721 \times \text{Log PCV}_i \quad (r^2 = 99,22) \quad [6]$$

Os valores de PCV_i foram estimados com base na equação [4].

3.7 Determinação das exigências líquidas de ganho de peso

As exigências de proteína e energia líquidas para ganho de peso foram obtidas pela diferença entre a composição corporal dos animais em diferentes intervalos de peso, estimada através da equação [1]. Por exemplo, a exigência líquida de energia de um animal de 20 kg de peso vivo e ganho de 0,200 kg/dia, foi obtida pela diferença entre as composições corporais aos 20,20 e 20 kg de PV, calculadas com base no PCV.

Para o cálculo da exigência de proteína para ganho de peso a quantidade de proteína retida na lã foi considerada separadamente.

3.8 Estimativa das eficiências de utilização e das exigências de energia e proteína metabolizável

3.8.1 Energia

A exigência de energia metabolizável para manutenção (EM_m) foi representada pelo ponto de equilíbrio da equação de regressão entre o logaritmo da produção de calor (PC, kcal/kg $\text{PV}^{0,75}$ /dia) e o consumo de energia metabolizável (CEM, kcal/kg $\text{PV}^{0,75}$ /dia) (LOFGREEN & GARRETT, 1968). A eficiência de utilização da energia metabolizável para manutenção (k_m), por sua vez, foi obtida pela relação:

$$k_m = \text{EL}_m / \text{EM}_m \quad [7]$$

Em que, EL_m é a exigência de energia líquida para manutenção.

A eficiência de utilização da energia metabolizável para ganho de peso (k_g) foi representada pelo coeficiente de regressão da equação entre a retenção de energia (kcal/kg $\text{PV}^{0,75}$ /dia) e o consumo de energia metabolizável para ganho de peso (CEM_g , kcal/kg $\text{PV}^{0,75}$ /dia), obtido pela diferença entre o CEM e a EM_m (FERRELL & JENKINS, 1998a). A exigência de energia metabolizável para ganho de peso (EM_g) foi estimada pela relação:

$$\text{EM}_g = \text{EL}_g / k_g \quad [8]$$

3.8.2 Proteína

A exigência de proteína metabolizável para manutenção (PM_m) foi estimada através da relação entre o consumo de PM ($g/kg PV^{0,75}/dia$) e a retenção de nitrogênio no corpo dos animais ($g/kg PV^{0,75}/dia$), extrapolando a equação ao nível zero de retenção de nitrogênio. A razão entre PL_m e PM_m representou a eficiência de utilização da proteína metabolizável para manutenção (k_{nm}):

$$k_{nm} = PL_m / PM_m \quad [9]$$

As eficiências de utilização da proteína metabolizável para ganho de peso corporal (k_{nf}) e crescimento da lã (k_{nw}), por sua vez, foram estimadas mediante adaptação de modelo multivariado proposto por Old & Garrett (1985):

$$CPM_g = b_1 PL_f + b_2 PL_w \quad [10]$$

Em que, CPM_g ($g/kg PV^{0,75}/dia$) é o consumo de proteína metabolizável para ganho de peso, obtido pela diferença entre o consumo de proteína metabolizável total e a quantidade de proteína metabolizável requerida para manutenção; PL_f ($g/kg PV^{0,75}/dia$) é a quantidade de proteína retida no corpo livre de lã e PL_w ($g/kg PV^{0,75}/dia$) a quantidade de proteína retida na lã. Os parâmetros estimados b_1 e b_2 representam as quantidades de PM (g) necessárias para retenção de 1 g de proteína no corpo e na lã, respectivamente. Os inversos de b_1 e b_2 são, portanto, as eficiências de utilização da PM para ganho de peso corporal (k_{nf}) e crescimento da lã (k_{nw}).

As exigências de proteína metabolizável para ganho de peso corporal (PM_f) e crescimento da lã (PM_w) foram calculada como:

$$PM_f = PL_f / k_{nf} \quad [11]$$

$$PM_w = PL_w / k_{nw} \quad [12]$$

Em que, PL_f e PL_w são as exigências de proteína líquida para ganho de peso corporal e crescimento da lã, respectivamente.

3.9 Delineamento experimental e análise estatística

Os dados de consumo e ganho de peso dos animais do experimento 1 foram analisados em delineamento inteiramente casualizado segundo o modelo:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$

Em que, Y são as observações das variáveis dependentes associadas ao j -ésimo animal sob o i -ésimo nível de alimentação; μ é a média geral das observações; τ é o efeito do nível de consumo; e ε é o erro aleatório residual. Selecionado o erro residual pelo modelo, os dados foram submetidos à análise de regressão que incluiu os efeitos linear e quadrático. O modelo adotado foi escolhido em função da significância dos coeficientes de regressão, e dos coeficientes de determinação. Adicionalmente foram obtidos alguns coeficientes de correlação.

Os dados de digestibilidade, síntese e eficiência microbiana, obtidos no experimento 2, foram analisados em delineamento duplo quadrado latino 3x3, de acordo com o modelo:

$$Y_{lij(k)} = \mu + \gamma_l + \tau_i + (\gamma\tau)_{li} + \alpha_j + \beta_k + \varepsilon_{lij(k)}$$

Em que, Y são as observações das variáveis dependentes associadas ao k -ésimo animal no l -ésimo quadrado durante o j -ésimo período sob o i -ésimo nível de alimentação; μ é a média geral das observações; γ é o efeito do quadrado; τ é o efeito do nível de alimentação; $\gamma\tau$ é o efeito da interação entre os quadrados e os níveis de alimentação; α é o efeito do período; β é o efeito do animal; e ε é o erro aleatório residual. A análise de variância indicou efeitos irrelevantes e não significativos de quadrados e da interação entre quadrados e níveis de alimentação, sendo os mesmos excluídos do modelo. O erro residual foi selecionado e os dados submetidos à análise de regressão que incluiu os efeitos linear e quadrático.

Todas as análises foram realizadas em nível de 5% de significância através do procedimento GLM do pacote estatístico SAS (2004).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Consumo e desempenho (Experimento 1)

Na Tabela 2 são apresentados os resultados de consumo de matéria seca, matéria orgânica, proteína bruta e energia metabolizável, e o ganho médio diário dos cordeiros, sob os diferentes níveis de alimentação. Os consumos são expressos em função do peso metabólico (g/kg PV^{0,75}/dia), uma vez que no grupo alimentado *ad libitum* constam animais abatidos em diferentes pesos e, portanto, com diferentes consumos absolutos (kg/dia).

Como esperado, o ganho médio diário (GMD) correlacionou-se positivamente aos consumos de matéria seca ($r = 0,97$) e de energia metabolizável ($r = 0,97$), decrescendo de forma linear à medida que se restringiu o nível de alimentação. Os consumos de matéria seca e de energia metabolizável observados nos animais alimentados *ad libitum* foram, em média, 40% inferiores aos valores preditos pelo AFRC (1993) para animais da mesma categoria e ganho diário de 250 g. Para a mesma situação, os consumos de matéria seca e de energia metabolizável observados no presente estudo são 36 e 40% inferiores aos estimados pelo NRC (1985a).

Tabela 2 – Consumos (g/kg PV^{0,75}/dia) e ganho médio diário (GMD, g/dia) de cordeiros em diferentes níveis de alimentação

Variável ^a	Nível de alimentação ^b			EP ^c	r ²	P ^d	
	<i>ad</i>	70%	55%			L	Q
CMS	66,3	44,5	33,9	1,03	88,27	***	ns
CMO	62,9	42,3	32,1	0,98	88,03	***	ns
CPB	12,2	7,8	5,9	0,18	90,92	***	ns
CEM	174,0	119,8	92,5	2,73	88,24	***	ns
GMD	245	91	27	0,006	91,19	***	ns

^a CMS = consumo de matéria seca; CMO = consumo de matéria orgânica; CPB = consumo de proteína bruta; CEM = consumo de energia metabolizável;

^b Nível de alimentação: *ad libitum*, 70% do consumo *ad libitum* e 55% do consumo *ad libitum*;

^c Erro padrão residual da média;

^d Probabilidade do efeito linear (L) ou quadrático (Q), onde: ns = não significativo e *** = $P < 0,001$.

O CSIRO (1990) propôs a estimativa do consumo de matéria seca a partir da equação $CMS = 0,04 \times A \times Z \times (1,7 - Z)$, onde A é o “peso normal” do animal e Z é o seu peso relativo, representado pela razão entre o “peso normal” e o “peso referência”. O “peso normal” é calculado por este Sistema com base em um padrão conhecido de crescimento que considera o peso ao nascer e a idade do animal, além da obtenção de uma condição corporal intermediária na escala de avaliação, isto é, para ovinos, condição corporal igual a 3. O termo “peso referência” é definido, por sua vez, como o peso alcançado por um animal quando seu desenvolvimento ósseo é completo e sua condição corporal é, da mesma forma, intermediária. O NRC (2007) adotou os mesmos modelos para estimativa do consumo. Já o CSIRO (2007) introduziu uma correção baseada na condição corporal relativa, obtida pela razão entre o peso observado e o “peso normal”. Com base nestes Sistemas, os consumos médios dos animais alimentados *ad libitum* foram estimados em 105,5 (CSIRO, 1990; NRC, 2007) e 82,9 g/kg $PV^{0,75}$ /dia (CSIRO, 2007), 37 e 20% superiores aos valores observados, respectivamente.

Sob condições de ambiente e alimentação semelhantes às deste estudo, Cardoso et al. (2006) observaram, para cordeiros Ile de France x Texel, consumo diário de matéria seca equivalente a 83,99 g/kg $PV^{0,75}$, valor próximo ao observado por Silva et al. (2004) para cordeiros Ile de France x Ideal (86,43 g/kg $PV^{0,75}$), e cerca 24% superior ao encontrado no presente estudo para os animais alimentados *ad libitum*. Entretanto, a eficiência alimentar (GMD / CMS (kg/dia)) apresentada pelos animais no presente estudo (0,35), foi superior à observada por Cardoso et al. (2006) (0,31). Desta forma, poder-se-ia inferir que, possivelmente, as exigências energéticas dos animais foram supridas em menores níveis de consumo, determinando um limite de ingestão. Poppi et al. (1994) destacaram que o consumo de alimento pode ser controlado por fatores metabólicos, pelos quais os animais tendem a ingerir a quantidade de alimento necessária para suprir suas exigências, sobretudo por energia (FORBES, 2005).

Nkrumah et al. (2006) observaram correlação negativa entre a eficiência alimentar e o consumo de matéria seca, o que pode estar relacionado à existência de diferenças nas exigências de manutenção dos animais (FERRELL & JENKINS, 1998b). Adicionalmente, menores consumos podem resultar em elevação da digestibilidade da dieta (DOREAU et al., 2003), suprimindo mais rapidamente as exigências energéticas do animal.

4.2 Digestibilidade e síntese de proteína microbiana (Experimento 2)

A redução do consumo de alimento resultou em aumento linear da digestibilidade aparente da MS, MO, N, FDN e CHOT, assim como da digestibilidade verdadeira da MO e do valor energético da dieta (Tabela 3). A digestibilidade aparente da fração EE, por outro lado, diminuiu.

Tabela 3 – Digestibilidade dos compostos não-nitrogenados e nitrogenados, síntese microbiana e concentração energética da dieta sob os diferentes níveis de alimentação

Variável	Nível de alimentação ^a			EP ^b	r ²	P ^c	
	<i>ad</i>	70%	55%			L	Q
Digestibilidade aparente (%) ^d							
MS	72,5	73,6	74,5	0,27	20,39	*	ns
MO	73,9	75,2	76,3	0,25	29,72	*	ns
N	70,3	72,6	73,3	0,32	47,15	**	ns
FDN	51,0	56,8	59,0	0,63	41,27	**	ns
CHOT	74,7	75,9	77,3	0,37	26,04	*	ns
EE	76,3	72,0	71,1	0,25	54,21	*	ns
Digestibilidade verdadeira (%)							
MO	86,0	86,3	86,9	0,23	12,92	*	ns
Síntese Nm (g/dia)	18,4	13,3	9,8	0,48	48,44	**	ns
Efic. microbiana ^e	21,6	22,0	20,5	0,70	1,77	ns	ns
NDT (%)	72,8	73,8	74,8	0,25	21,82	*	ns
ED (Mcal/kg MS)	3,22	3,28	3,33	0,02	26,07	*	ns
EM (Mcal/kg MS)	2,62	2,69	2,73	0,02	40,28	*	ns
q _m ^f	0,60	0,61	0,62	0,003	48,33	**	ns

^a Nível de alimentação: *ad libitum*, 70% do consumo *ad libitum* e 55% do consumo *ad libitum*;

^b Erro padrão residual da média;

^c Probabilidade do efeito linear (L) ou quadrático (Q), onde: ns – não significativo, * $P < 0,05$ e ** $P < 0,01$;

^d MS = matéria seca; MO = matéria orgânica; N = nitrogênio; FDN = fibra em detergente neutro; CHOT = carboidratos totais; EE = extrato etéreo;

^e Eficiência microbiana (g Nm/kg MO verdadeiramente digestível consumida);

^f q_m = EM/EB.

A existência de correlação negativa entre o consumo e a digestibilidade do alimento tem sido claramente estabelecida em ruminantes, e justifica-se pelo maior tempo de retenção da

digesta no rúmen, quando o nível de consumo é restringido (FAICHNEY, 2005). Esta relação, segundo Doreau et al. (2003), é mais pronunciada em animais consumindo dietas contendo alimentos concentrados e em níveis superiores à manutenção. Sob níveis inferiores, a digestibilidade da dieta pode permanecer constante (GRIMAUD & DOREAU, 1995) ou decrescer (GRIMAUD et al., 1999), possivelmente devido à limitação da atividade microbiana (ATTI et al., 2002).

A digestibilidade verdadeira da MO foi, em média, 15% superior à digestibilidade aparente, indicando uma presença significativa de material endógeno e microbiano nas fezes, sobretudo daqueles animais alimentados *ad libitum*. Trabalhos têm demonstrado haver relação direta entre o consumo e a excreção de nitrogênio fecal (GRIMAUD & DOREAU, 1995; ATTI et al., 2002; DOREAU et al., 2004), fato confirmado pelos resultados do presente estudo (Figura 3). Segundo Faichney (2005), a elevação do consumo promove aumento da taxa de passagem da digesta, podendo resultar em maior disponibilidade de substrato no intestino grosso. É possível, então, que sob o nível mais elevado de ingestão quantidades significativas de amido proveniente dos grãos de milho e sorgo, tenham alcançado o intestino grosso, resultando em incremento da síntese e excreção de nitrogênio bacteriano, com conseqüente maior amplitude de diferença entre a digestibilidade aparente e a digestibilidade verdadeira da matéria orgânica (VAN SOEST, 1994).

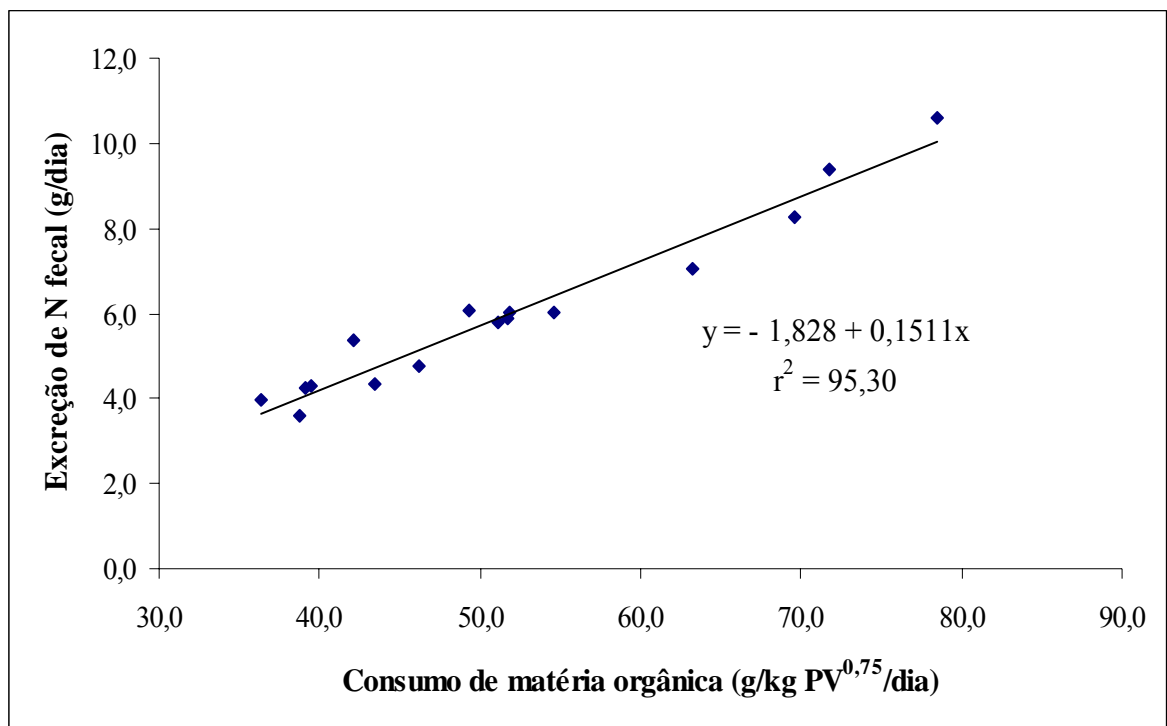


Figura 3 – Relação entre o consumo de matéria orgânica e a excreção de N fecal.

A síntese de nitrogênio microbiano (Nm) foi positivamente correlacionada ao consumo de MO ($r = 0,80$), o que está relacionado à disponibilidade de substrato potencialmente degradável no rúmen (CLARK et al., 1992). Contudo, a eficiência de síntese (g Nm/kg MO verdadeiramente digestível consumida) não foi alterada pelo nível de alimentação ($P > 0,05$), o que está de acordo com os resultados obtidos por Doreau et al. (2004). É possível, desta forma, que uma elevação da taxa de passagem da digesta, aliada à reduzida taxa e extensão da degradação do amido dos grãos de milho e sorgo no rúmen (SAUVANT et al., 1985), tenha reduzido a quantidade de amido disponível para digestão neste compartimento, reduzindo a síntese microbiana. Além disso, a elevação da taxa de passagem pode não ter alcançado uma magnitude suficiente para afetar a eficiência microbiana.

Kozloski et al. (2006) avaliando a eficiência de síntese microbiana por cordeiros consumindo dieta contendo aproximadamente 29% de FDN e composta por silagem de sorgo, grão de milho e farelo de soja, observaram valor igual a 18,7 g Nm/kg MO digestível consumida, próximo ao encontrado no presente estudo.

4.3 Composição corporal

As equações de predição e os conteúdos corporais de água, proteína, gordura e energia para os animais em diferentes pesos encontram-se nas Tabelas 4 e 5, respectivamente.

Tabela 4 – Equações de regressão para estimativa da composição corporal (água, proteína, gordura e energia) de cordeiros Texel x Ile de France dos 15 aos 35 kg de peso vivo

Variável	Equação de regressão	r^2
Água	$\text{Log Água, kg} = - 0,0253 + [0,892 (\pm 0,02) \times \text{Log PCV, kg}]$	99,21
<i>Corpo vazio livre de lã</i>		
Proteína	$\text{Log Proteína, kg} = - 0,7148 + [0,9354 (\pm 0,03) \text{Log PCV, kg}]$	98,20
Gordura	$\text{Log Gordura, kg} = - 1,9524 + [1,7177 (\pm 0,09) \text{Log PCV, kg}]$	92,74
Energia	$\text{Log Energia, kcal} = 2,8213 + [1,3351 (\pm 0,05) \text{Log PCV, kg}]$	96,77
<i>Lã</i>		
Proteína	$\text{Log Proteína, kg} = - 2,5072 + [1,5537 (\pm 0,14) \text{Log PCV, kg}]$	85,47
Gordura	$\text{Log Gordura, kg} = - 3,6233 + [1,7912 (\pm 0,15) \text{Log PCV, kg}]$	87,72
Energia	$\text{Log Energia, kcal} = 1,2799 + [1,6045 (\pm 0,12) \text{Log PCV, kg}]$	89,66

PCV = peso de corpo vazio.

A concentração de proteína no corpo livre de lã diminuiu com o aumento do PCV (Tabela 5), o que está de acordo com o descrito pelo ARC (1980). Os valores encontrados no presente estudo, contudo, são pouco inferiores aos citados por aquele Sistema (173, 168, 165, 162 e 156 g/kg PCV, respectivamente para os PCV de 13,1, 16,9, 20,7, 24,4 e 28,2 kg). O conteúdo protéico da lã, por sua vez, representou, em média, 10,4% da proteína retida nos demais tecidos, valor semelhante ao relatado pelo ARC (1980), NRC (1985a) e AFRC (1993). Esta proporção, contudo, não foi constante no presente estudo, mas aumentou à medida que se elevou o PCV. Como conseqüência, a concentração total de proteína corporal mostrou-se pouco variável no intervalo de peso estudado, sendo pouco inferior à estimada pelo ARC (1980). Além disso, como o ARC considera constante a proporção de proteína retida na lã, este Sistema estima que a concentração total de proteína corporal também diminui com o avanço da maturidade.

Tabela 5 – Concentrações corporais de água, proteína, gordura e energia de cordeiros Texel x Ile de France dos 15 aos 35 kg de peso vivo

	Peso vivo (kg)				
	15	20	25	30	35
PCV, kg ^a	13,1	16,9	20,7	24,4	28,2
Proteína, g/kg PCV					
Corpo ^b	163,3	160,6	158,6	156,9	155,4
Lã ^c	12,9	14,9	16,6	18,3	19,8
Gordura, g/kg PCV					
Corpo ^d	70,9	84,9	98,1	110,6	122,6
Lã ^e	1,8	2,2	2,6	3,0	3,3
Energia, kcal/kg PCV					
Corpo ^f	1571	1709	1828	1933	2028
Lã ^g	90	105	119	132	144
Total					
Água, g/kg PCV	714,3	695,1	680,2	668,0	657,8
Proteína, g/kg PCV	176,2	175,5	175,2	175,2	175,2
Gordura, g/kg PCV	72,7	87,2	100,7	113,6	125,9
Energia, kcal/kg PCV	1661	1814	1947	2065	2172

^a Estimado através da equação [2].

Estudos realizados no Brasil com animais de aptidão para produção de carne têm demonstrado correlação positiva entre a concentração de proteína no corpo (considerando a proteína retida na lã) e o peso corporal (CARVALHO et al., 2000; PIRES et al., 2000; SILVA et al., 2007). Neste aspecto, analisando os dados compilados pelo ARC (1980) para estimativa da composição protéica corporal, observa-se que, em média, a variação desta com o avanço da maturidade é menos pronunciada em animais com aptidão para produção de carne. Duas hipóteses podem ser consideradas para explicar esta discrepância: 1) raças de diferentes aptidões podem apresentar padrões de crescimento da lã distintos; e 2) considerando que as concentrações de gordura e proteína corporal são inversamente relacionadas, e que raças com aptidão para produção de lã apresentam maior taxa de deposição de gordura, o decréscimo da concentração de proteína no corpo pode ser mais acentuado nestas.

Os resultados do presente estudo, assim como observado por Carvalho et al. (2000), Pires et al. (2000) e Silva et al. (2007), evidenciam a importância do padrão de crescimento da lã sobre a composição protéica corporal de ovinos. O crescimento da lã é controlado, dentre outros fatores, pelo fotoperíodo, podendo ser duas a três vezes maior durante o verão, sobretudo nas raças de aptidão carne (BIGHAM et al., 1978). Raças com aptidão para produção de lã apresentam pequena variação da taxa de crescimento da lã ao longo do ano (REIS & SAHLU, 1994; CHAMPION & ROBARDS, 2000). Neste particular, os estudos realizados no Brasil acerca da composição corporal de ovinos têm em comum o fato de serem realizados em um mesmo período do ano, entre os meses de julho e dezembro. Desta forma, a elevação gradativa do fotoperíodo durante esta época certamente proporcionou maior crescimento da lã, com reflexos diretos sobre a composição protéica corporal.

Apesar destes fatores, o ARC (1980) considera de forma conjunta animais de diferentes aptidões para estimativa do conteúdo de proteína corporal. Além disso, estas equações abrangem grandes intervalos de tempo e peso corporal, havendo um equilíbrio das épocas de maior e menor crescimento da lã. Denota-se, assim, a necessidade de cautela no uso das equações preconizadas por este Sistema.

O conteúdo de gordura no corpo vazio livre de lã foi inferior ao estimado pelo ARC (1980). A amplitude desta diferença aumentou com a elevação do PCV (para os PCV de 13,1 e 28,2 kg os valores observados são 0,8 e 19,1% inferiores, respectivamente), uma vez que os animais do presente estudo apresentaram reduzida taxa de deposição de gordura, no intervalo de peso considerado. Resultados semelhantes ao deste estudo foram obtidos por Ørskov et al. (1971) com cordeiros Suffolk x Cheviot, Hovell et al. (1976) com cordeiros Suffolk x Scottish

Blackface, e Kirkpatrick & Steenr (1999) com cordeiros Texel x (Border Leicester x Scottish Blackface).

A quantidade de gordura presente na lã, formada por secreções das glândulas sebáceas, foi proporcionalmente pouco variável e representou, em média, 2,7% da gordura retida nos demais tecidos. Quanto à concentração total de gordura corporal os resultados encontrados no presente estudo são semelhantes aos encontrados por Pires et al. (2000) para animais com PCV de 13,1 e 16,9 kg. Estes autores relataram, contudo, para PCV mais elevados, conteúdos de gordura corporal em média 12% superiores, o que possivelmente está relacionado a utilização de animais provenientes do cruzamento com a raça Ideal.

A deposição de gordura está relacionada ao grau de maturidade corporal, sendo a relação deste com o peso corporal variável de acordo com a raça (CSIRO, 1990). Além disso, raças de mesmo peso à maturidade podem apresentar diferentes padrões de crescimento (WOOD et al., 1980). Neste contexto, salienta-se que as equações propostas pelo ARC (1980) foram baseadas em dados de animais de diferentes grupos raciais, tratando de forma isolada apenas os animais da raça Merino. Tem sido demonstrado que animais de raça Texel e seus cruzamentos apresentam baixa proporção de gordura corporal e, desta forma, elevado potencial para produção de carne magra (ELLIS et al., 1997; JONES et al., 2002). Além disso, possivelmente estes animais apresentam curva de crescimento diferenciada, com acréscimo da taxa de deposição de tecido gorduroso somente em pesos mais elevados, ou seja, em maiores estágios de maturidade fisiológica, o que, de certa forma, é demonstrado pelos resultados do presente estudo.

Em função da baixa deposição de gordura, a concentração de energia no corpo também foi inferior àquela estimada pelo ARC (1980). Quando considerado o corpo livre de lã a magnitude desta diferença variou de 5,6 a 14,2%, respectivamente, para os PCV de 13,1 e 28,2 kg. De outra forma, considerando a energia retida na lã, estas diferenças variaram entre 5,8 e 11,5%, devido à elevação da taxa de retenção de proteína na lã observada neste estudo, como descrito anteriormente. Pires et al. (2000) relatou para cordeiros Texel x Ideal, concentração energética variando entre 1687 a 2384 kcal/kg PCV, respectivamente, para os PCV de 13,1 e 28,2 (1,6 e 9,8% superiores).

4.4 Exigências de manutenção

4.4.1 Proteína

A excreção endógena de nitrogênio (Figura 4) foi equivalente a 243,2 mg/kg PV^{0,75}/dia, o que corresponde a uma exigência líquida de proteína para manutenção (PL_m) de 1,52 g/kg PV^{0,75}/dia. Estes valores são 30,5% inferiores aos sugeridos pelo ARC (1984) e AFRC (1993), baseados em experimentos realizados com ovinos e bovinos sob condições variadas.

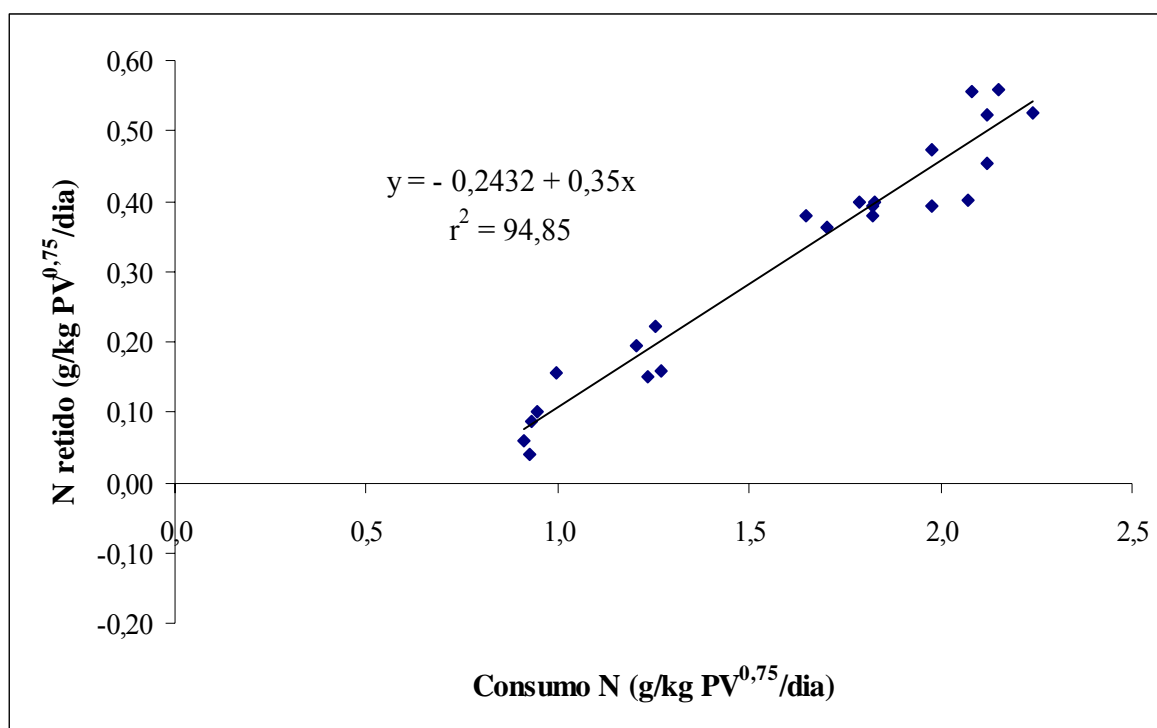


Figura 4 – Estimativa da retenção de nitrogênio em função do consumo de nitrogênio.

Estudos que quantificaram a perda basal de nitrogênio em ovinos têm observado valores entre 200 e 420 mg/kg PV^{0,75}/dia, indicando que fatores como raça, idade, sexo e estágio fisiológico podem resultar em variações nas exigências de proteína para manutenção (SILVA, 1996; SILVA et al., 2003; GONZAGA NETO et al., 2005). Salienta-se, contudo, que grande parte destes estudos foram conduzidos com animais recebendo dietas isentas de nitrogênio por infusão intragástrica, o que, muitas vezes, pode resultar em uma superestimativa da perda basal de nitrogênio (CSIRO, 2007).

O NRC (1985a) sugeriu o uso da equação proposta pelo ARC (1980) para estimativa da excreção de proteína endógena urinária (EUP, g/dia = 0,147 + 3,375 × PV, kg), calculando a excreção fecal de proteína como: EFP, g/dia = 33,44 × CMS, kg. O CSIRO (1990; 2007), por

sua vez, adotou o mesmo procedimento para estimativa da EUP, sugerindo, contudo, que a EFP seria equivalente a 15,2 g/kg de matéria seca consumida. Estas últimas equações foram adotadas pelo CNCPS-S (CANNAS et al., 2004) e, recentemente, pelo NRC (2007). Para as condições deste estudo, a excreção média de proteína endógena (EUP + EFP) obtida por intermédio das equações propostas pelo CSIRO foi de 1,49 g/kg PV^{0,75}/dia. Este valor, entretanto, não é constante, tendendo a aumentar na medida em que o peso vivo é elevado, devido ao incremento do consumo de matéria seca e, conseqüentemente, à maior excreção de proteína endógena fecal. Silva et al. (2003) reportaram, para cordeiros Ile de France x Ideal, exigências de proteína líquida para manutenção de 1,56 g/kg PV^{0,75}/dia. Os mesmos autores sugeriram que cordeiros Santa Inês possuem PL_m 29% superior (2,02 g/kg PV^{0,75}/dia). De forma similar, Gonzaga Neto et al. (2005) encontraram valor de 2,07 g/kg PV^{0,75}/dia para cordeiros Morada Nova.

Variações nas exigências de proteína para manutenção podem, muitas vezes, estar associadas a alterações das taxas de renovação protéica (SÈVE & PONTER, 1997). Neste sentido, Inkster et al. (1989) sugeriram que o aumento da taxa de síntese e/ou a redução da taxa de degradação protéica pode resultar em menor excreção endógena de nitrogênio e, conseqüentemente, em redução das exigências protéicas de manutenção.

Diversos fatores têm sido relacionados à modulação da renovação protéica celular. Attaix et al. (2005) relataram que uma redução acentuada da ingestão de alimento pode resultar em decréscimo da taxa de degradação protéica em alguns tecidos, o que poderia explicar, em partes, os resultados do presente trabalho. Entretanto, os estudos que quantificaram estes efeitos foram conduzidos, majoritariamente, com animais mantidos sob níveis de alimentação inferiores à manutenção, o que não reflete as condições deste trabalho.

Para Sève & Ponter (1997), a alteração do status hormonal responde, em muitos casos, por mudanças nas taxas de renovação protéica do organismo. O hormônio do crescimento (GH), por exemplo, atua como fator de estímulo à síntese protéica e inibição da proteólise celular (ETHERTON & BAUMAN, 1998; ATTAIX et al., 2005), podendo resultar, ainda, em maior eficiência de captação e uso dos aminoácidos mobilizados dos tecidos. Uma vez que a secreção de GH e seus efeitos sobre o organismo são maiores em animais jovens (GLUCKMAN et al., 1987; HARRELL et al., 1997; ETHERTON & BAUMAN, 1998), é possível que a baixa idade dos animais utilizados em nosso estudo tenha resultado em menor perda basal de nitrogênio, em comparação aos valores relatados pelos ARC (1984), os quais foram obtidos com animais de maior maturidade fisiológica.

Estas hipóteses encontram respaldo no presente estudo quando analisadas as retenções de gordura e nitrogênio (Figura 5). Independentemente do nível de consumo observou-se retenção nitrogenada foi sempre positiva, ao passo que, sob níveis baixos de CEM, a retenção de gordura foi negativa. É conhecido que, além de exercer efeito anabolizante, elevando a síntese e reduzindo a degradação protéica no organismo, o GH atua como inibidor da lipogênese e pode estimular a lipólise tecidual (ETHERTON & BAUMAN, 1998). Desta forma, é provável que a taxa de degradação protéica tenha sido reduzida e que a mobilização das reservas energéticas corporais tenha suportado a síntese de proteína quando os animais foram submetidos a níveis mais severos de restrição. Resultados semelhantes a estes foram obtidos por Sanz Sampelayo et al. (1995), trabalhando com cabritos em crescimento.

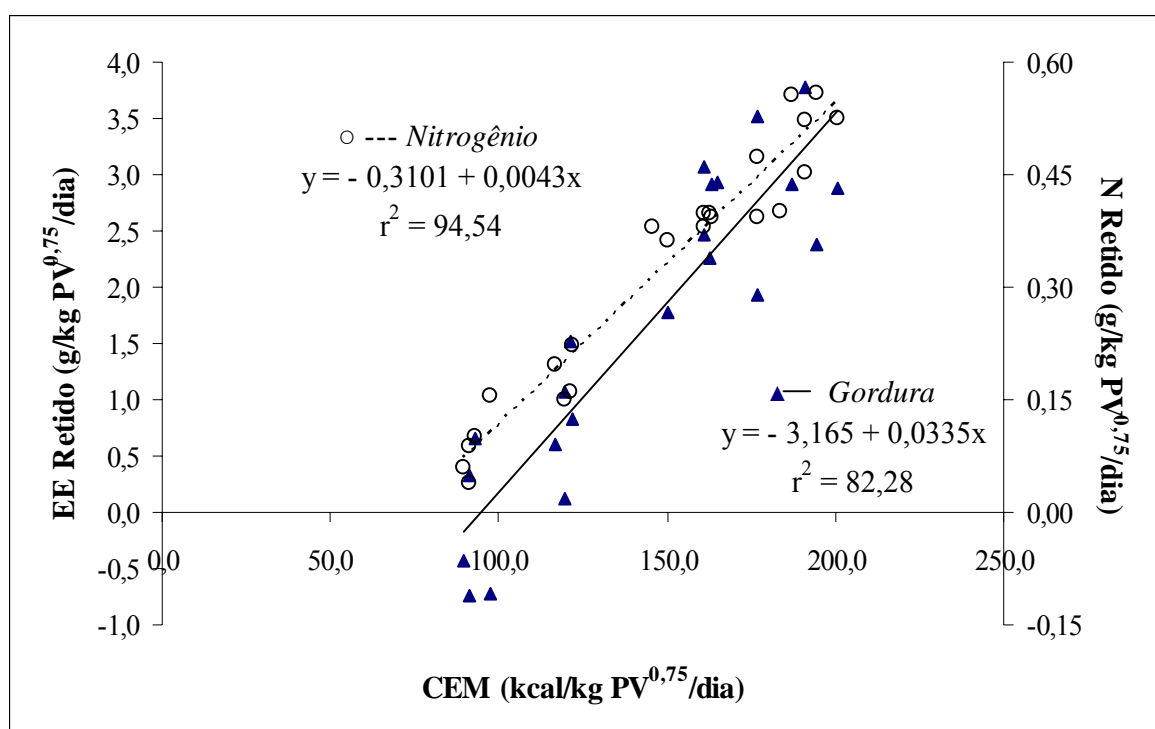


Figura 5 – Relação entre o consumo de energia metabolizável (CEM) e a retenção de gordura e nitrogênio por cordeiros em crescimento.

Afora os efeitos das taxas de síntese e degradação protéica sobre as exigências de manutenção dos animais, é provável, ainda, que a elevada proporção de massa muscular dos animais observada neste estudo e que, segundo Jones et al. (2002) é uma característica da raça Texel, possa ter elevado a excreção de creatinina (LOFGREEN & GARRETT, 1954; ISTASSE et al., 1990). Contudo, como a creatinina, proporcionalmente, representa uma

pequena fração do nitrogênio endógeno excretado (FOLIN, 1905), seus efeitos sobre as exigências de manutenção dos animais podem ser, da mesma forma, de pequena magnitude.

A exigência de proteína metabolizável para manutenção (PM_m), obtida pela relação entre a retenção de N e o consumo de proteína metabolizável (Figura 6), foi de 2,31 g/kg $PV^{0,75}$ /dia. A partir deste valor, infere-se que a proteína metabolizável consumida foi utilizada para manutenção com eficiência (k_{nm}) igual a 0,66. A eficiência de utilização da proteína metabolizável para manutenção varia amplamente entre os Sistemas nutricionais (0,75 (ARC, 1980); 0,67 (CSIRO, 1990; CANNAS et al., 2004; NRC, 2007); 1,0 (AFRC, 1993); 0,70 (CSIRO, 2007)).

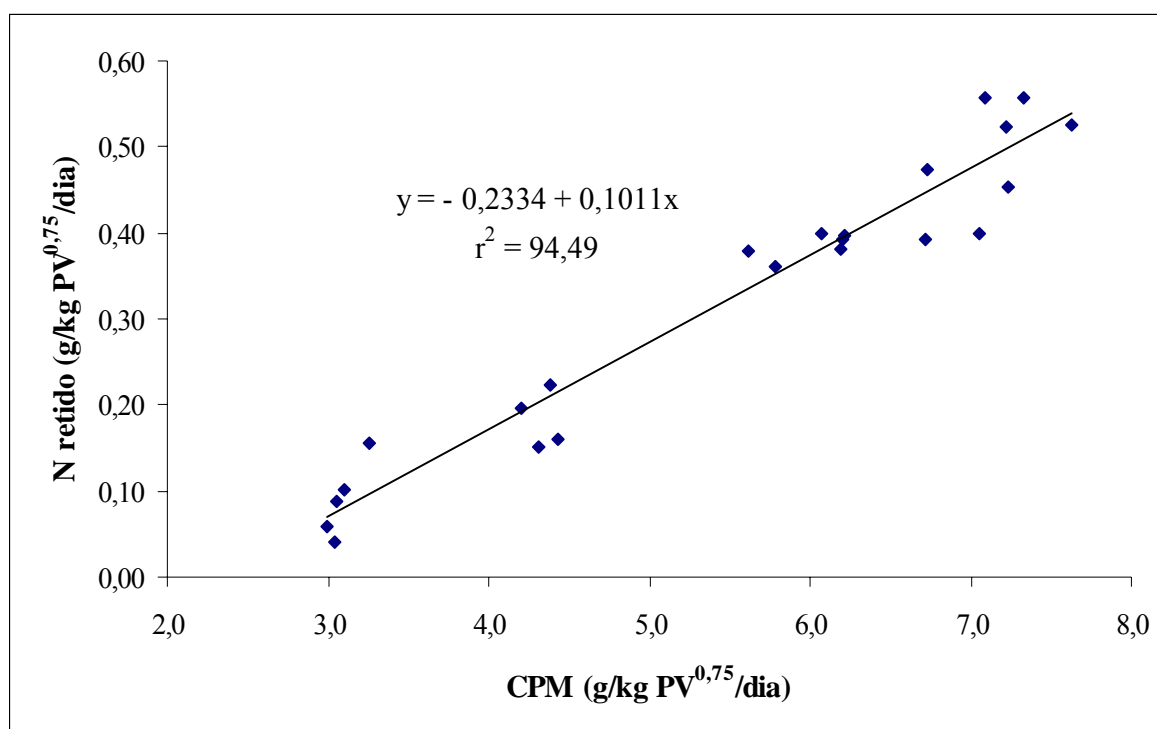


Figura 6 – Estimativa da retenção de nitrogênio em função do consumo de proteína metabolizável (CPM).

Parte desta variabilidade nos valores de k_{nm} está relacionada à dificuldade em estimar-se, de forma acurada, a síntese de proteína microbiana e, conseqüentemente, o consumo de proteína metabolizável. Estimativas realizadas por intermédio do uso de diferentes marcadores microbianos, por exemplo, podem resultar em diferenças de magnitude significativa (ROHR et al., 1986). O método utilizado no presente estudo para estimativa da síntese de proteína microbiana (CHEN & GOMES, 1995) tem sido amplamente utilizado em diversos países, porém os próprios autores admitem existir algumas limitações ao seu uso.

Além disso, a estimativa da fração de proteína não degradável, realizada através de modelos (CANNAS et al., 2004) ainda não avaliados nas condições brasileiras e, não obstante, o uso de valores constantes para o cálculo das frações de proteína microbiana (0,64) e alimentar (0,80) digestíveis, podem ter resultado, no presente estudo, em sub ou superestimativa do consumo de proteína metabolizável. Assim, embora o valor de k_{nm} encontrado seja semelhante àquele relatado por alguns Sistemas nutricionais e, por isso, tenha sido adotado neste trabalho, há necessidade de cautela para o seu uso.

4.4.2 Energia

A equação de regressão obtida para a relação existente entre a produção de calor e o consumo de energia metabolizável foi: $\text{Log PC (kcal/kg PV}^{0,75}\text{/dia)} = 1,7679 + 0,0021 \times \text{CEM (kcal/kg PV}^{0,75}\text{/dia)}$ (Figura 7).

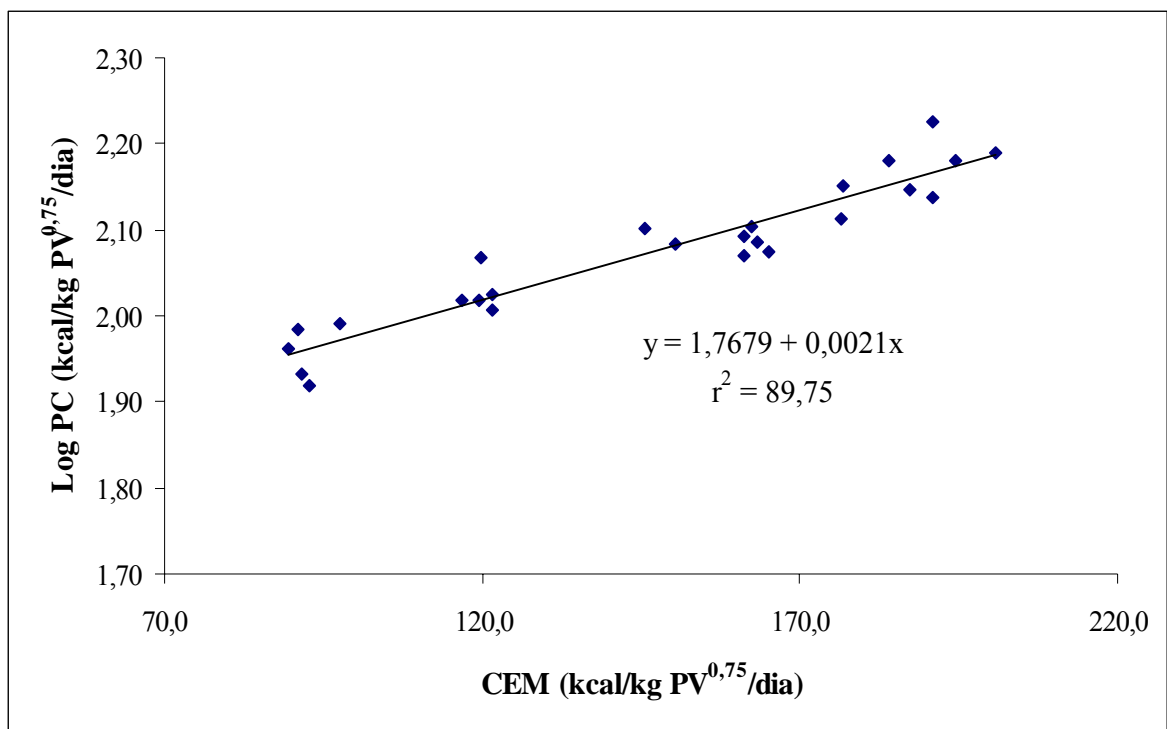


Figura 7 – Estimativa da produção de calor (PC) em função do consumo de energia metabolizável (CEM).

Extrapolando a equação ao nível zero de CEM, o antilog do valor que intercepta o eixo y é igual a 58,60 kcal/kg PV^{0,75}/dia, e representa a exigência líquida de energia para manutenção (EL_m). Este valor é próximo as 56 kcal/kg PV^{0,75}/dia preconizadas pelo NRC (1985a), e

pouco inferior ao sugerido pelo ARC (1980), que foi de 62,2 kcal/kg $PV^{0,75}$ /dia. O CSIRO (1990) assumiu o valor de 62 kcal/kg $PV^{0,75}$ /dia, considerando um ambiente termo neutro e uma atividade voluntária mínima. Em sua publicação mais recente (CSIRO, 2007), este mesmo Sistema sugeriu o valor de 66 kcal/kg $PV^{0,75}$ /dia.

Trabalhos têm demonstrado que grande parte da variação nas exigências de energia para manutenção existente entre sexos (FERRELL et al., 1979; WEBSTER & WHITE, 1982) e raças (SILVA et al., 2003), pode ser atribuída a diferenças na composição corporal dos animais. A atividade metabólica da proteína corporal é muito mais intensa que a do tecido adiposo, o que tende a elevar as exigências de manutenção, por unidade de tamanho metabólico, em animais com maiores proporções de músculos ou de menor maturidade fisiológica (SWICK & BENEVENGA, 1977; GARRETT, 1980; SÈVE & PONTER, 1997).

Desta forma, a elevada proporção de massa muscular apresentada pelos animais utilizados no presente estudo deveria, a princípio, resultar em incremento das exigências de manutenção dos mesmos. Observou-se, contudo, que estas foram inferiores àquelas preconizadas por alguns Sistemas internacionais (ARC, 1980; CSIRO, 1990; CANNAS et al., 2004; CSIRO, 2007). Ressalta-se, neste aspecto, que a atividade metabólica da proteína corporal é variável entre os tecidos. Embora a proteína retida no tecido muscular esquelético represente cerca de 30 a 45% da proteína corporal total, esta contribui com apenas 20% da renovação protéica diária do organismo, em função de sua reduzida taxa de renovação (ATTAIX et al., 2005). Por outro lado, o conteúdo protéico dos órgãos que compõem o trato gastrointestinal (TGI) e do fígado, juntos, representa apenas cerca de 7 a 8% da massa protéica corporal (LOBLEY et al., 1980). Estes órgãos, no entanto, apresentam elevada taxa de renovação protéica, sendo responsáveis por até 50% da síntese protéica diária no corpo animal (ATTAIX et al., 2005) e, conseqüentemente, por uma fração significativa das exigências energéticas de manutenção (FERRELL, 1988; FERRELL & JENKINS, 1998a; 1998b). É possível, assim, que o tamanho do TGI dos animais utilizados neste estudo seja relativamente menor que o dos animais utilizados nos estudos considerados pelos Sistemas nutricionais.

Além disso, o decréscimo ($P < 0,01$) do tamanho relativo do fígado e dos órgãos do trato gastrointestinal, sobretudo do rúmen e do intestino delgado, observado no presente estudo na medida em que se restringiu o nível de alimentação (Tabela 6), pode ter resultado em redução da quantidade de energia despendida para manutenção dos processos metabólicos (BALL et al., 1998). Este valor representa, portanto, a mínima exigência energética para manutenção dos animais (CSIRO, 2007). Ferrell & Jenkins (1998a; 1998b) também observaram correlação

negativa entre o consumo de alimento e o tamanho dos órgãos internos de bovinos, com reflexos diretos sobre as exigências dos animais.

Tabela 6 – Proporções (% do peso de corpo vazio) dos órgãos internos de cordeiros em crescimento, sob diferentes níveis de alimentação

Variável	Nível de alimentação ^a			EP ^b	r ²	P ^c	
	<i>ad</i>	70%	55%			L	Q
Coração	0,48	0,51	0,53	0,01	10,78	ns	ns
Fígado	1,80	1,42	1,46	0,03	69,91	ns	***
Rins	0,34	0,39	0,36	0,01	17,82	ns	ns
TGI ^d	7,61	7,36	6,43	0,13	32,74	**	ns
Rúmen	2,06	1,88	1,60	0,03	58,64	***	ns
Retículo	0,32	0,32	0,31	0,01	1,54	ns	ns
Omaso	0,23	0,21	0,20	0,01	11,55	ns	ns
Abomaso	0,56	0,49	0,47	0,03	7,50	ns	ns
Int. delgado	2,99	2,81	2,49	0,08	21,17	***	ns
Int. grosso	1,46	1,55	1,36	0,04	0,95	ns	ns

^a Nível de alimentação: *ad libitum*, 70% do consumo *ad libitum* e 55% do consumo *ad libitum*;

^b Erro padrão residual da média;

^c Probabilidade do efeito linear (L) ou quadrático (Q), onde: ns – não significativo, ** $P < 0,01$ e *** $P < 0,001$;

^d TGI = trato gastrintestinal.

Embora o efeito do nível de consumo sobre as exigências de manutenção tenha sido amplamente revisado (CSIRO, 1990; 2007; NRC, 2007), o ARC (1980) e o AFRC (1993) assumem um valor constante para todos os níveis de alimentação. Neste sentido, Ball et al. (1998) destacaram que o efeito do plano nutricional sobre as exigências energéticas dos animais, pode criar dificuldades para a comparação de resultados obtidos em diferentes estudos.

Silva et al. (2003) estimaram que a EL_m de cordeiros Ile de France x Ideal foi equivalente a 75,04 kcal/kg $PV^{0,75}$ /dia. Estes autores, contudo, utilizaram dietas com diferentes relações volumoso:concentrado (40:60; 60:40; 80:20) para obtenção de diferentes níveis de consumo. Como resultado, o nível mais baixo de ingestão de EM foi, aproximadamente, 1,5 vezes superior à manutenção, e a redução da quantidade de energia despendida para manutenção dos processos vitais pode não ter alcançado a mesma magnitude daquela observada em nosso estudo. Utilizando metodologia semelhante à do presente

trabalho, Santos et al. (2002) estimaram valor de EL_m equivalente a 54,7 kcal/kg $PV^{0,75}$ /dia, para cordeiros Bergamácia entre 35 e 45 kg de PV. Chandramoni et al. (2000) mantiveram cordeiros Muzaffarnagari ao nível de manutenção por um período de 60 dias, após o qual mensuraram a produção de calor dos animais em câmara respiratória encontrando o valor de 54,1 kcal/kg $PV^{0,75}$ /dia.

Visando minimizar estas diferenças, o CSIRO (1990; 2007) propôs o uso de uma equação ($0,09 \times CEM \times k_m$) para o ajuste das exigências de manutenção em função do consumo de energia metabolizável (CEM, kcal/dia). Este ajuste foi sugerido também pelo CNCPS-S (CANNAS et al., 2004), e será adotado, posteriormente, em nosso estudo, na estimativa das exigências de energia para manutenção dos animais em diferentes taxas de ganho (Tabela 10, item 4.6).

A exigência de energia metabolizável para manutenção (EM_m), representada pelo ponto de equilíbrio entre a produção de calor e o consumo de energia metabolizável (Figura 7), correspondeu a 91,0 kcal/kg $PV^{0,75}$ /dia. Valor próximo a este é obtido também pela relação entre o CEM e o ganho médio diário de peso (GMD) (Figura 8).

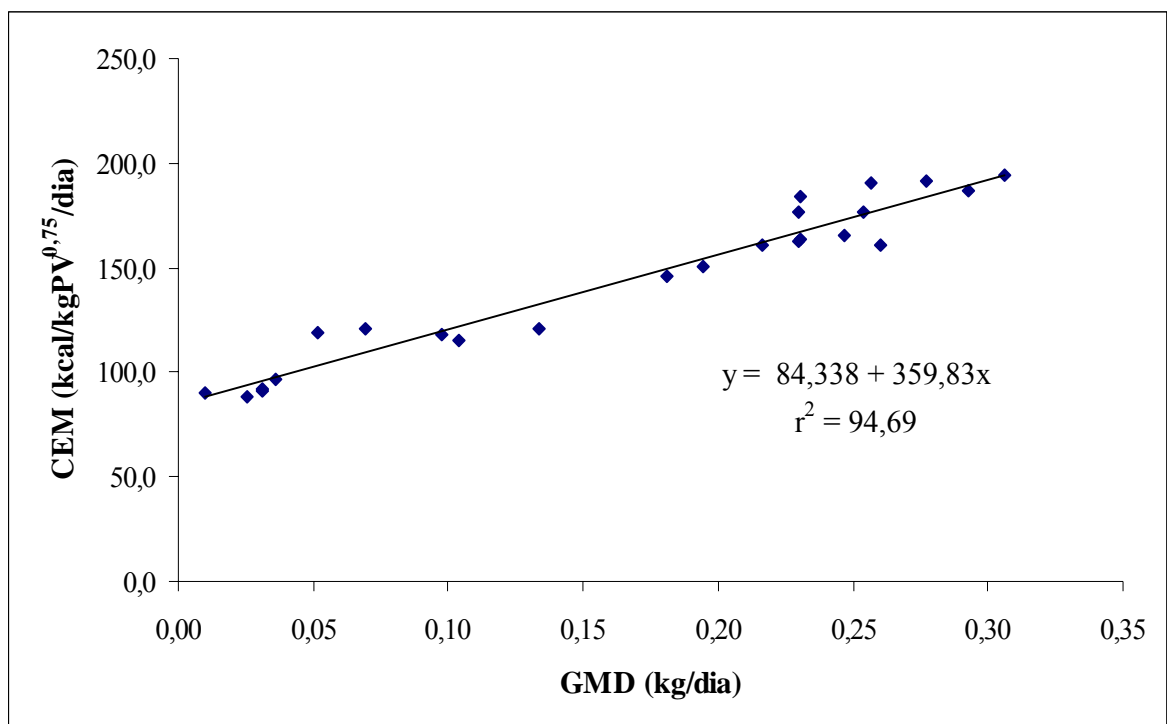


Figura 8 – Relação entre o consumo de energia metabolizável (CEM) e o ganho médio diário (GMD) de cordeiros confinados.

Extrapolando a equação para um GMD igual a zero, o valor que intercepta o eixo y (84,3 kcal/kg PV^{0,75}/dia) representa a exigência de EM para manutenção. Devido a sua praticidade, este método tem sido frequentemente utilizado para estimativa da EM_m, contudo está sujeito ao efeito da variação do conteúdo gastrintestinal sobre a estimativa do GMD (LUO et al., 2004b; 2004a). Sendo assim, nós consideramos o valor de 91,0 kcal/kg PV^{0,75}/dia como equivalente a exigência de EM para animais alimentados ao nível de manutenção.

A equação obtida pela relação entre o CEM e o GMD será, contudo, utilizada para estimativa do CEM e posterior ajuste das exigências de manutenção dos animais em diferentes taxas de ganho (Tabela 10, item 4.6), como descrito anteriormente. Tal inferência é possível de ser realizada independentemente do peso dos animais, uma vez que o CEM dos animais alimentados *ad libitum*, expresso kcal/kg PV^{0,75}/dia, não variou em função do PV (P>0,05).

A eficiência de utilização da energia metabolizável para manutenção (k_m) foi de 0,64, semelhante ao valor sugerido pelo CSIRO (1990) e adotado pelo CNCPS (CANNAS et al., 2004). O ARC (1980) e o AFRC (1993) sugeriram o cálculo de k_m em função da metabolizabilidade da dieta (q_m), obtida pela razão entre a EM e a EB dietética ($k_m = 0,503 + 0,35 \times q_m$). Com base nesta equação e no valor de q_m médio observado no presente estudo (0,61; Tabela 3) a eficiência de utilização da energia metabolizável para manutenção, estimada por estes Sistemas, foi de 0,71. Este valor é, aproximadamente, 11% superior ao encontrado neste estudo, e sua adoção implicaria em uma subestimativa das exigências de EM para manutenção (82,5 kcal/kg PV^{0,75}/dia). Fernandes et al. (2007) também encontraram valor de k_m inferior ao predito pelo ARC (1980).

4.5 Exigências para ganho de peso

4.5.1 Proteína

As exigências de proteína líquida para ganho de peso são apresentadas na Tabela 7. Foram consideradas, separadamente, as exigências para ganho corporal livre de lã e para o crescimento da lã, de forma a permitir a conversão das exigências de proteína líquida para metabolizável. Observou-se decréscimo pouco pronunciado das exigências protéicas para ganho corporal, ao passo que as exigências para crescimento da lã foram elevadas na medida em que o PV foi incrementado. Conseqüentemente, a exigência total de proteína líquida para ganho (ganho corporal + lã) apresentou pequena variação no intervalo de peso estudado (32,5 e 33,1 g/dia, respectivamente, para cordeiros de 15 e 35 kg de PV, e GMD de 250 gramas).

Estes resultados estão relacionados àqueles observados para a composição protéica corporal (Tabela 5), e são inferiores aos valores preconizados pelo NRC (1985a) e pelo AFRC (1993).

Tabela 7 – Exigências de proteína líquida (g/dia) para ganho de peso de cordeiros em crescimento

PV (kg)	GMD (kg)			
	0,100	0,150	0,200	0,250
Exigência para crescimento corporal, g/dia				
15	11,5	17,2	23,0	28,7
20	11,3	17,0	22,6	28,3
25	11,2	16,7	22,3	27,9
30	11,0	16,6	22,1	27,6
35	10,9	16,4	21,9	27,3
Exigência para crescimento da lã, g/dia				
15	1,5	2,3	3,0	3,8
20	1,7	2,6	3,5	4,4
25	1,9	2,9	3,9	4,9
30	2,1	3,2	4,3	5,3
35	2,3	3,5	4,6	5,8
Exigência total, g/dia ^a				
15	13,0	19,5	26,0	32,5
20	13,1	19,6	26,1	32,6
25	13,1	19,7	26,2	32,8
30	13,2	19,8	26,4	32,9
35	13,3	19,9	26,5	33,1

^a Exigência total, g/dia = exigência para crescimento corporal + exigência para crescimento da lã.

A elevação das exigências protéicas para crescimento da lã, observada com o incremento do PV, provavelmente está relacionada ao fotoperíodo durante a época de realização do estudo (agosto a dezembro) e, portanto, não devem representar aquelas da contra-estação. Neste sentido, o CSIRO (2007) sugeriu modelos para predição da retenção de proteína na lã em função do número de horas de luz diária. Estas equações, no entanto, demandam um número significativo de variáveis, o que dificulta sua aplicação.

O AFRC (1993), baseado nas proposições do ARC (1980), sugeriu que as exigências de proteína para ganho corporal de cordeiros machos poderiam ser estimadas como PL_f (g/dia) = $GMD \times (160,4 - 1,22 \times PV + 0,0105 \times PV^2)$. A quantidade total de proteína líquida exigida é obtida após inclusão da quantidade de proteína requerida para o crescimento da lã ($PL_w = 3 + 0,1 \times PL_c$), ao valor previamente estimado. Por estas equações, a exigência total de proteína líquida para ganho de peso é, em média, 30,5% superior aos valores determinados neste estudo. A estimativa feita por aquele Sistema, contudo, é baseada no PV dos animais, assumindo uma relação PV:PCV superior à encontrada no presente estudo (1,25 vs 1,20, em média) para conversão de valores, o que subestima o PCV dos animais aqui utilizados. Considerando que, segundo o ARC (1980), a exigência de proteína líquida para ganho é negativamente correlacionada ao PCV, a equação proposta eleva o valor de PL_g para os animais deste estudo.

Se, de outra forma, a estimativa feita pelo ARC (1980) for baseada nas equações de predição da composição corporal, semelhante à metodologia utilizada neste estudo, os valores estimados passam a ser, em média, 8,1% superiores. A magnitude destas diferenças, entretanto, diminuiu com a elevação do peso vivo e da taxa de ganho de peso, variando entre 20,1 e 13,5% para animais com 15 e 35 kg de PV e GMD de 100 g/dia; e entre 6,4 e -0,5% para animais na mesma faixa de peso e GMD de 250 g/dia, respectivamente.

Silva et al. (2007) observaram, para cordeiros Ideal x Ile de France, exigências de proteína líquida para ganho de peso semelhantes às do presente estudo. Carvalho et al. (2000) encontraram valores, em média, 8% superiores para cordeiros Texel x Ideal.

A eficiência de utilização da proteína metabolizável foi estimada através de modelo multivariado, assumindo que a proteína metabolizável consumida acima das necessidades de manutenção (CPM_g) é parcialmente retida no corpo livre de lã (PL_f) e na lã (PL_w). A equação obtida foi:

$$CPM_g = [1,40 (\pm 0,09) \times PL_f] + [2,16 (\pm 0,39) \times PL_w]$$

Os coeficientes de regressão parciais (b_1 e b_2) estimados por esta relação foram de 1,40 e 2,16, correspondendo a eficiências de utilização da proteína metabolizável para ganho de peso corporal (k_{nf}) e crescimento da lã (k_{nw}) de 0,71 e 0,46, respectivamente.

Oldham (1987) destacou que a eficiência de utilização da proteína metabolizável depende, dentre outros fatores, da quantidade relativa de cada aminoácido presente nesta. Neste sentido, a deposição de proteína na lã, particularmente, difere da deposição de proteína

nos demais tecidos corporais devido a sua elevada proporção de aminoácidos sulfurados, principalmente cistina (HYND & MASTERS, 2002). Como os aminoácidos sulfurados, geralmente, correspondem a uma pequena proporção dos aminoácidos absorvidos (CSIRO, 2007), a eficiência de utilização da proteína metabolizável para crescimento da lã é inferior àquela observada para os demais processos fisiológicos.

Os valores encontrados neste estudo são superiores aos sugeridos pelo AFRC (1993) ($k_{nf} = 0,59$ e $k_{nw} = 0,26$). Tem sido proposto, no entanto, que a eficiência de utilização de uma mescla de aminoácidos “idealmente” balanceada é uma característica do animal (OLDHAM, 1987; AFRC, 1992) e, desta forma, poderia variar em função de fatores como raça e estágio fisiológico.

O CSIRO (1990; 2007) sugeriu que a eficiência de utilização da proteína metabolizável para ganho de peso é de 0,70, ao passo que aquela relacionada ao crescimento da lã é de 0,60. Luo et al. (2004b) encontraram, para caprinos Angorá, eficiência de utilização da proteína metabolizável para crescimento de pêlos igual a 0,48, valor próximo ao encontrado neste estudo para o crescimento da lã. Assim, em virtude da similaridade dos valores estimados neste estudo com aqueles sugeridos por alguns Sistemas nutricionais, estes foram adotados para o cálculo das exigências de proteína metabolizável. Contudo, em função dos erros associados à estimativa do consumo de PM, já mencionados anteriormente, há a necessidade de cautela para sua adoção.

4.5.2 Energia

As exigências de energia líquida para ganho de peso (EL_g), estimadas com base na composição corporal dos animais, elevaram-se com o incremento do PV e da taxa de ganho (Tabela 8), o que está relacionado ao aumento do conteúdo de gordura corporal. Entretanto, em função da reduzida taxa de deposição de gordura observada nos animais deste estudo, no intervalo de peso considerado (15 a 35 kg de PV), os valores observados são inferiores àqueles descritos por alguns Sistemas nutricionais (ARC, 1980; NRC, 1985a; AFRC, 1993), sobretudo para PV mais elevados.

Tabela 8 – Exigências líquidas de energia (kcal/dia) para ganho de peso de cordeiros em crescimento

PV (kg)	GMD (kg)			
	0,100	0,150	0,200	0,250
15	169	254	339	424
20	185	277	370	462
25	198	297	397	496
30	210	315	421	526
35	221	332	442	553

Para animais com 15 kg de peso vivo, as exigências energéticas obtidas por intermédio das equações de estimativa da composição corporal preconizadas pelo ARC (1980) e pelo AFRC (1993), são, em média, 11,8% superiores aos valores observados neste estudo, diferença que se eleva para 35,8% para animais com 35 kg. Quando comparados às exigências estimadas pelo NRC (1985a), os valores observados foram 5,3 e 30,2% inferiores. Pires et al. (2000) estimaram, para cordeiros Texel x Ideal com 15 e 30 kg de PV e ganho diário de 250 g, exigências de energia líquida para ganho de peso variando entre 618 e 825 kcal/dia.

Os resultados do presente estudo são semelhantes às recomendações feitas pelo NRC (2007). Este Sistema, considerando que as exigências energéticas estão relacionadas ao estágio de maturidade do animal propôs, para animais de maturidade tardia com 30 kg de PV e GMD de 200 e 250 g, exigências de energia líquida para ganho de 420 e 530 kcal/dia, respectivamente.

A eficiência de utilização da energia metabolizável para ganho (k_g) foi estimada pela relação entre a retenção energética (RE) e o consumo de EM acima da manutenção (CEM_g) (Figura 9). O coeficiente de regressão da equação obtida indicou um valor k_g de 0,50. Este valor é semelhante ao encontrado por Degen & Young (1982) para cordeiros Suffolk dos 15 aos 48 kg de PV (0,49) e ao estimado pelo AFRC (1993) com base na metabolizabilidade da dieta ($k_g = 0,006 + 0,78 \times q_m$; 0,48). Sanz Sampelayo et al. (1995) verificaram, para cordeiros da raça Segureña com peso variando entre 5 e 11 kg, valor de k_g pouco superior ao deste estudo (0,54).

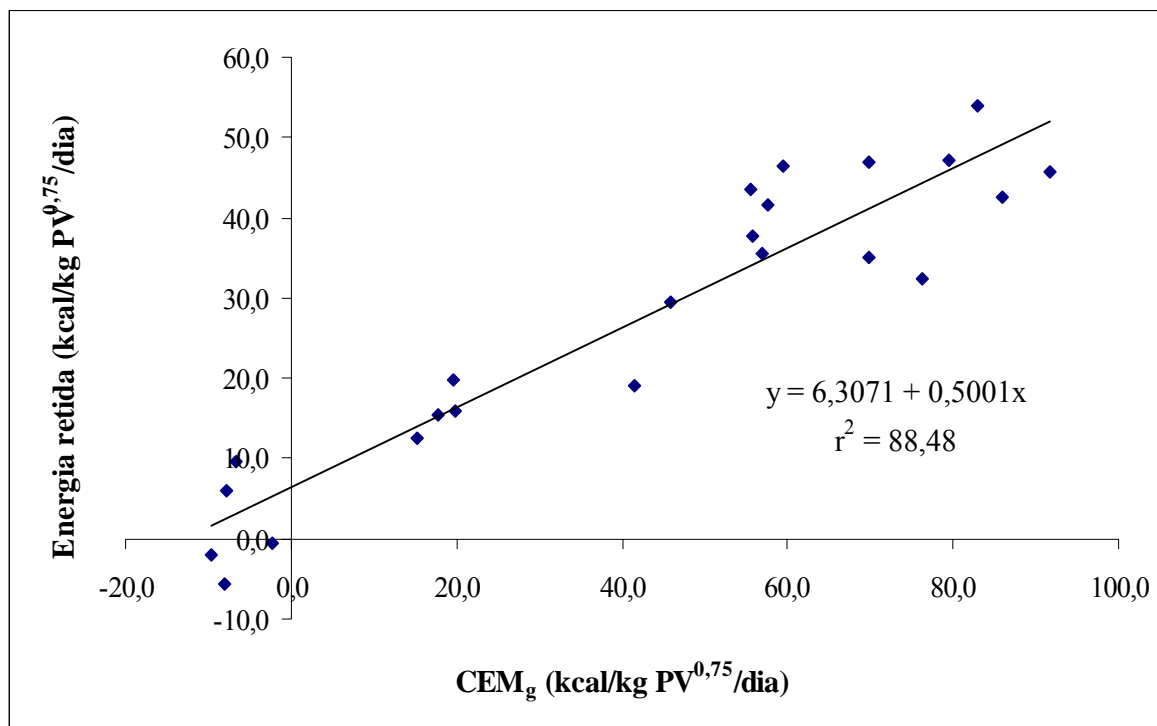


Figura 9 – Estimativa da retenção energética em função do consumo de energia metabolizável para ganho de peso (CEM_g).

Tem sido sugerido que a eficiência de utilização da energia metabolizável para ganho decresce com o avanço da maturidade (FERRELL & JENKINS, 1998a; NRC, 2007), o que está relacionado à alteração da composição corporal dos animais. Energeticamente, a deposição de gordura é mais eficiente do que a de proteína (OLD & GARRETT, 1985; SANZ SAMPELAYO et al., 1995), em parte devido à maior taxa de renovação da proteína corporal. No entanto, como a concentração de água é maior nos tecidos protéicos do que no tecido adiposo, a conversão da EM em ganho de tecido muscular é mais eficiente. Conseqüentemente, a eficiência de utilização da EM para ganho decresce na medida em que os animais atingem a maturidade (NRC, 2007). De forma semelhante, o valor de k_g é reduzido com o acréscimo do consumo de EM (FERRELL & JENKINS, 1998a; 1998b). Estas diferenças, contudo, parecem ser mais facilmente evidenciadas em intervalos amplos de peso.

Em nosso estudo, quando a retenção energética foi relacionada quadraticamente ao CEM_g observou-se decréscimo não significativo da eficiência energética na medida em que o consumo foi elevado (RE, kcal/kg PV^{0,75}/dia = $5,6515 + [0,6675 (\pm 0,12) \times \text{CEM}_g] - [0,0022 (\pm 0,001) \times \text{CEM}_g^2]$; $r^2 = 89,68\%$, $P = 0,1468$). Pode-se inferir, desta forma, que o valor de k_g encontrado (0,50) é válido para o intervalo de peso e para as taxas de ganho consideradas.

4.6 Exigências totais (manutenção + ganho)

As exigências totais (manutenção + ganho de peso) de proteína e energia metabolizável são apresentadas nas Tabelas 9 e 10, respectivamente.

As exigências de proteína líquida para ganho de peso corporal foram consideradas separadamente daquelas relacionadas ao crescimento da lã, uma vez que as eficiências de utilização da proteína metabolizável para estas duas funções são diferentes. As exigências de proteína e energia metabolizável foram obtidas pela razão entre as exigências líquidas e as respectivas eficiências de utilização da proteína e da energia metabolizável.

De forma geral, as exigências totais de proteína e energia metabolizável determinadas neste estudo são inferiores àquelas sugeridas por grande parte dos Sistemas nutricionais (ARC, 1980; 1984; NRC, 1985a; CSIRO, 1990; AFRC, 1992; 1993), como descrito anteriormente. São semelhantes, contudo, aos valores recomendados pelo NRC (2007) para animais de maturidade tardia, principalmente no tocante às exigências energéticas.

Os resultados deste estudo diferem, também, daqueles obtidos em outros trabalhos realizados no Brasil (CARVALHO et al., 2000; PIRES et al., 2000; SILVA et al., 2003; OLIVEIRA et al., 2004; GONZAGA NETO et al., 2005) e em outros Países (RATTRAY et al., 1973; ANTONGIOVANNI, 1994; JASSIM et al., 1996; DEGEN & YOUNG, 2002). Coletivamente, estes dados indicam que uma recomendação única para todas as raças e condições de ambiente e manejo pode não ser adequada. O uso de modelos matemáticos que consideram estes fatores de forma conjunta poderia, desta forma, contribuir para estimativa mais acurada das exigências dos animais sob diferentes condições.

Tabela 9 – Exigências de proteína (g/dia) líquida (PL) e metabolizável (PM) total (t) para diferentes taxas de ganho de peso (GMD, kg/dia) de cordeiros Texel x Ile de France confinados

PV (kg)	GMD	PL _m	PL _f	PL _w	PM _m	PM _f	PM _w	PM _t
15	0,100	11,6	11,5	1,5	17,6	16,2	3,3	37,0
	0,150	11,6	17,2	2,3	17,6	24,2	5,0	46,8
	0,200	11,6	23,0	3,0	17,6	32,4	6,5	56,5
	0,250	11,6	28,7	3,8	17,6	40,4	8,3	66,3
20	0,100	14,4	11,3	1,7	21,8	15,9	3,7	41,4
	0,150	14,4	17,0	2,6	21,8	23,9	5,7	51,4
	0,200	14,4	22,6	3,5	21,8	31,8	7,6	61,3
	0,250	14,4	28,3	4,4	21,8	39,9	9,6	71,2
25	0,100	17,0	11,2	1,9	25,8	15,8	4,1	45,7
	0,150	17,0	16,7	2,9	25,8	23,5	6,3	55,6
	0,200	17,0	22,3	3,9	25,8	31,4	8,5	65,6
	0,250	17,0	27,9	4,9	25,8	39,3	10,7	75,7
30	0,100	19,5	11,0	2,1	29,5	15,5	4,6	49,6
	0,150	19,5	16,6	3,2	29,5	23,4	7,0	59,9
	0,200	19,5	22,1	4,3	29,5	31,1	9,3	70,0
	0,250	19,5	27,6	5,3	29,5	38,9	11,5	79,9
35	0,100	21,9	10,9	2,3	33,2	15,4	5,0	53,5
	0,150	21,9	16,4	3,5	33,2	23,1	7,6	63,9
	0,200	21,9	21,9	4,6	33,2	30,8	10,0	74,0
	0,250	21,9	27,3	5,8	33,2	38,5	12,6	84,2

$k_{nm} = 0,66$; $k_{ng} = 0,71$; $k_{nw} = 0,46$.

Tabela 10 – Exigências de energia (kcal/dia) líquida (EL) e metabolizável (EM) total (t) para diferentes taxas de ganho de peso (GMD, kg/dia) de cordeiros Texel x Ile de France confinados

PV (kg)	GMD	EL _m †	EL _g	EM _m	EM _g	EM _t
15	0,100	467	169	730	338	1068
	0,150	475	254	743	508	1251
	0,200	483	339	755	678	1433
	0,250	491	424	767	848	1615
20	0,100	579	185	904	370	1274
	0,150	588	277	919	554	1473
	0,200	598	370	935	740	1675
	0,250	608	462	950	924	1874
25	0,100	683	198	1067	396	1463
	0,150	695	297	1086	594	1680
	0,200	706	397	1104	794	1898
	0,250	718	496	1122	992	2114
30	0,100	783	210	1223	420	1643
	0,150	796	315	1244	630	1874
	0,200	809	421	1264	842	2106
	0,250	822	526	1285	1052	2337
35	0,100	878	221	1372	442	1814
	0,150	893	332	1395	664	2059
	0,200	908	442	1418	884	2302
	0,250	923	553	1442	1106	2548

†EL_m (kcal/dia) = $58,6 \times PV^{0,75} + (0,09 \times CEM \times k_m)$;
 CEM, kcal/dia = $84,338 + 359,83 \times GMD, \text{ kg/dia} \times PV^{0,75}$;
 $k_m = 0,64; k_g = 0,50$.

4.7 Avaliação do sistema CNCPS-S para estimativa do desempenho de cordeiros confinados

O sucesso da atividade agropecuária depende, em grande parte, da correta aplicação das tecnologias disponíveis e da gerenciamento dos meios de produção. Neste sentido, o uso de modelos matemáticos capazes de prever a resposta animal frente a diferentes situações de manejo e nutrição tem sido cada vez mais comum. O Sistema de Cornell para ovinos –

Cornell Net Carbohydrate and Protein System (CNCPS-S) (CANNAS et al., 2004) – foi recentemente desenvolvido para estimar as exigências e a oferta de nutrientes para ovinos com base em informações referentes ao animal, ao ambiente e à composição da dieta. A avaliação destes modelos quanto à sua acurácia e precisão é, no entanto, necessária para sua adoção e aplicação. Em nosso estudo o CNCPS-S foi utilizado para estimar o desempenho de cada um dos animais utilizados no experimento 1. Os dados referentes ao fracionamento de carboidratos e compostos nitrogenados da dieta foram obtidas junto à biblioteca de alimentos tropicais proposta por Tedeschi et al. (2002) para o modelo.

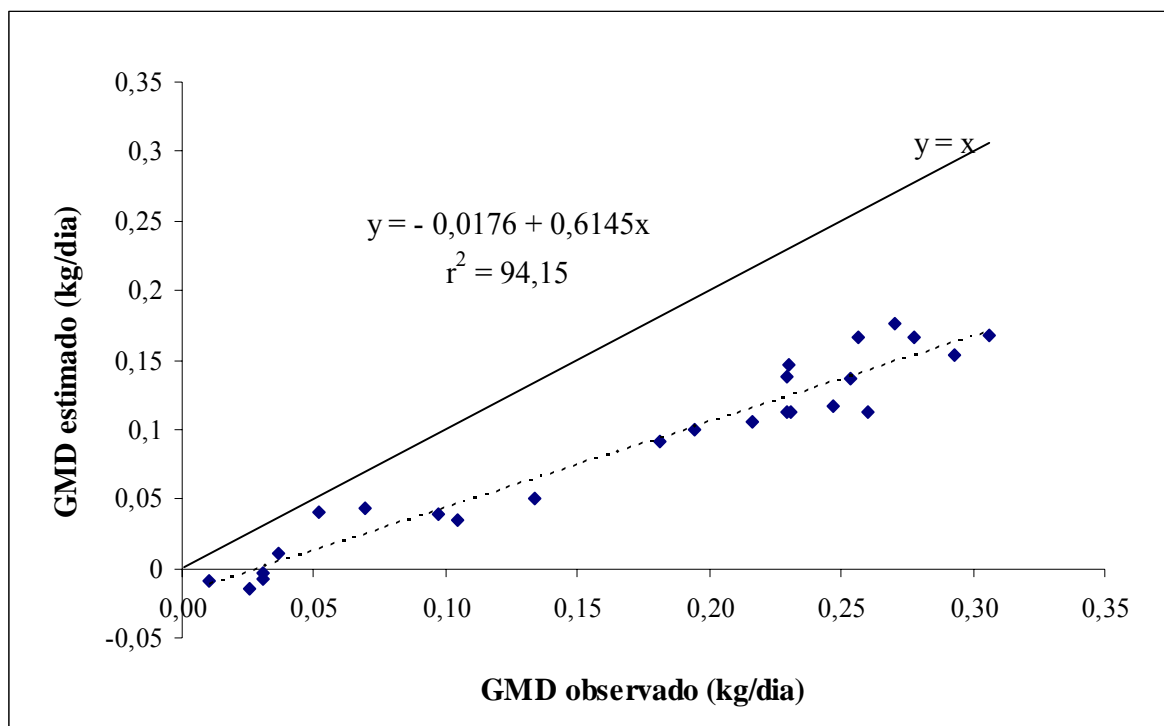


Figura 10 – Relação entre o GMD observado e o GMD estimado pelo Sistema CNCPS-S (CANNAS et al., 2004) para cordeiros em crescimento.

O ganho médio diário (GMD, kg/dia) dos animais foi subestimado pelo CNCPS-S (Figura 10), sendo a diferença relativa existente entre os valores observados e estimados maior em taxas de ganho menores. Entretanto, deve-se salientar que a indisponibilidade de valores mais específicos acerca da composição da dieta pode ter contribuído significativamente com as diferenças observadas.

Apesar disso, nossa hipótese é de que a baixa acurácia do CNCPS-S para estimativa do desempenho de animais nas condições deste experimento, está relacionada à existência de diferenças nas exigências dos animais. Quando comparadas as exigências de EM para

manutenção (EM_m) observadas com aquelas previstas pelo modelo (Figura 11), observou-se que para os animais com maior PV e, portanto, com maior demanda absoluta de energia para manutenção, os valores foram subestimados pelo modelo.

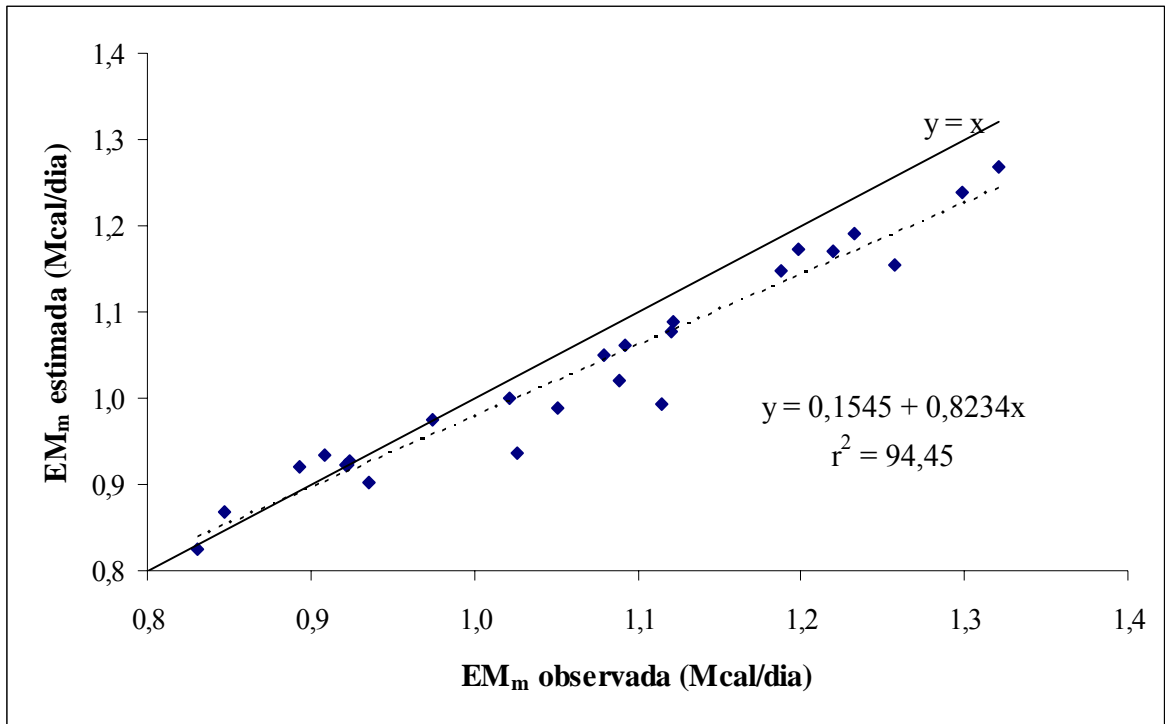


Figura 11 – Relação entre a exigência de energia metabolizável para manutenção (EM_m) observada e a estimada pelo Sistema CNCPS-S (CANNAS et al., 2004) para cordeiros em crescimento.

Nestas condições, a quantidade de energia disponível para ganho é maior e, conseqüentemente, as taxas de ganho de peso estimadas tenderam a aproximar-se daquelas observadas, como demonstrado na Figura 10. Além disso, é evidente que as menores exigências energéticas para ganho de peso observadas neste estudo estão relacionadas à obtenção de melhores ganhos, quando comparados aos valores previstos pelo CNCPS-S.

5 CONCLUSÕES

A concentração de proteína no corpo vazio livre de lã de cordeiros $\frac{1}{16}$ Texel $\frac{5}{16}$ Ile de France decresce com a elevação do peso vivo, ao passo que a concentração de proteína na lã aumenta quando os animais são confinados no período de junho a dezembro, mantendo constante a concentração total de proteína corporal dos 15 aos 35 kg de peso vivo (PV).

Cordeiros $\frac{1}{16}$ Texel $\frac{5}{16}$ Ile de France e apresentam reduzida taxa de deposição de gordura entre os 15 e 35 kg de PV, o que resulta em baixas concentrações corporais de gordura e energia neste intervalo de peso.

As exigências de proteína para manutenção de cordeiros $\frac{1}{16}$ Texel $\frac{5}{16}$ Ile de France são inferiores aos valores preconizados pelos Sistemas internacionais. A exigência de energia para manutenção, da mesma forma, é inferior àquela reportada pelo AFRC (1993) e pelo CSIRO (1990; 2007). É pouco superior, contudo, ao valor recomendado pelo NRC (1985).

O padrão de crescimento da lã possui grande influência sobre as exigências protéicas de ovinos. As exigências de proteína líquida para ganho de peso mais o crescimento da lã de cordeiros $\frac{1}{16}$ Texel $\frac{5}{16}$ Ile de France são próximas àquelas reportadas pelos Sistemas internacionais somente em PV mais elevados.

As exigências de energia para ganho de peso de cordeiros $\frac{1}{16}$ Texel $\frac{5}{16}$ Ile de France são semelhantes aos valores preconizados pelo NRC (2007) para cordeiros de maturidade tardia, e inferiores aos valores propostos pelos demais Sistemas internacionais.

As eficiências de utilização da energia e da proteína metabolizável por cordeiros $\frac{1}{16}$ Texel $\frac{5}{16}$ Ile de France são diferentes daquelas preconizadas pelo AFRC (1993).

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGRICULTURAL AND FOOD RESEARCH COUNCIL - AFRC. Technical committee on responses to nutrients, Report 9. Nutritive requirements of ruminants animals: Protein. **Nutrition Abstracts and Reviews**, Series B, v.62, n.12, p.787-835, 1992.

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

AGRICULTURAL RESEARCH COUNCIL - ARC. **The nutrient requirements of ruminant livestock**. London: Commonwealth Agricultural Bureaux, 1980. 351p.

AGRICULTURAL RESEARCH COUNCIL - ARC. **The nutrient requirements of ruminant livestock**: Supplement No. 1, Report of the protein group. London: Commonwealth Agricultural Bureaux, 1984. 45p.

ANTONGIOVANNI, M. Estimates of energy and nitrogen requirements of Appenninica lambs by means of the comparative slaughter technique. **Small Ruminant Research**, Amsterdam, v.13, n.3, p.237-241, 1994.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC. **Official methods of analysis**. 16ed. Washington, D.C: 1995. 1141p.

ATTAIX, D.; RÉMOND, D.; SAVARY-AUZÉLOUX, I.C. Protein metabolism and turnover. In: DIJKSTRA, J.; FORBES, J.M.; FRANCE, J. (eds.). **Quantitative aspects of ruminant digestion and metabolism**. 2ed. Wallingford: CAB International, 2005. p.373-397.

ATTI, N. et al. Effect of a drastic and extended underfeeding on digestion in Barbary ewe. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v.100, n.1-2, p.1-14, 2002.

BACH, A. et al. Effects of type of carbohydrate supplementation to lush pasture on microbial fermentation in continuous culture. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v.82, n.1, p.153-160, 1999.

BACH, A.; CALSAMIGLIA, S.; STERN, M.D. Nitrogen metabolism in the rumen. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v.88, n.Suppl. 1, p.E9-21, 2005.

BALL, A.J. et al. Changes in maintenance energy requirements of mature sheep fed at different levels of feed intake at maintenance, during weight loss and realimentation. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v.53, n.3, p.191-204, 1998.

BIGHAM, M.L.; SUMNER, R.M.W.; ELLIOTT, K.H. Seasonal wool production of Romney, Coopworth, Perendale, Cheviot and Corriedale wethers. **New Zealand Journal of Agricultural Research**, Wellington, v.21, n.2, p.377-382, 1978.

BLAXTER, K.L. The fasting metabolism of adult wether sheep. **British Journal of Nutrition**, Cambridge, v.16, n.1, p.615-626, 1962.

BLAXTER, K.L.; CLAPPERTON, J.L. Prediction of the amount of methane produced by ruminants. **British Journal of Nutrition**, Cambridge, v.19, n.1, p.511-512, 1965.

BROSH, A. et al. Estimation of energy expenditure from heart rate measurements in cattle maintained under different conditions. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.76, n.12, p.3054-3064, 1998.

BÜRGER, P.J. et al. Consumo e digestibilidade aparente total e parcial em bezerros holandeses alimentados com dietas contendo diferentes níveis de concentrado. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.29, n.1, p.206-214, 2000.

CANNAS, A. et al. A mechanistic model for predicting the nutrient requirements and feed biological values for sheep. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.82, n.1, p.149-169, 2004.

CARDOSO, A.R. et al. Consumo de nutrientes e desempenho de cordeiros alimentados com dietas que contêm diferentes níveis de fibra em detergente neutro. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.36, n.1, p.215-221, 2006.

CARVALHO, S.; PIRES, C.C.; SILVA, J.H. Composição corporal e exigências líquidas de proteína para ganho de peso de cordeiros. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.29, n.6, p.2325-2331, 2000. (Supl. 2)

CHAMPION, S.C.; ROBARDS, G.E. Follicle characteristics, seasonal changes in fibre cross-sectional area and ellipticity in Australasian specialty carpet wool sheep, Romneys and Merinos. **Small Ruminant Research**, Amsterdam, v.38, n.1, p.71-82, 2000.

CHANDRAMONI et al. Fasting heat production of Muzaffarnagari sheep. **Small Ruminant Research**, Amsterdam, v.36, n.1, p.43-47, 2000.

CHEN, X.B.; GOMES, M.J. **Estimation of microbial protein supply to sheep and cattle based on urinary excretion of purine derivatives**: An overview of the technical details.

Bucksburn Aberdeen, UK: International Feed Resources Unit Rowett Research Institute, 1995. 22p.

CLARK, J.H.; KLUSMEYER, T.H.; CAMERON, M.R. Microbial protein synthesis and flows of nitrogen fractions to the duodenum of dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v.75, n.8, p.2304-2323, 1992.

COMMONWEALTH SCIENTIFIC AND INDUSTRIAL RESEARCH ORGANIZATION - CSIRO. **Feeding standards for Australian livestock**. East Melbourne: CSIRO Publishing, 1990. 226p.

COMMONWEALTH SCIENTIFIC AND INDUSTRIAL RESEARCH ORGANIZATION - CSIRO. **Nutrient requirements of domesticated ruminants**. Collingwood: CSIRO Publishing, 2007. 296p.

CUNNINGHAM, J.G. **Tratado de fisiologia veterinária**. 3ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004. 579p.

DEGEN, A.A.; YOUNG, B.A. Intake energy, energy retention and heat production in lambs from birth to 24 weeks of age. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.54, n.2, p.353-362, 1982.

DEGEN, A.A.; YOUNG, B.A. Effect of air temperature and energy intake on body mass, body composition and energy requirements in sheep. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v.138, n.2, p.221-226, 2002.

DELFINO, J.G.; MATHISON, G.W. Effects of cold environment and intake level on the energetic efficiency of feedlot steers. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.69, n.11, p.4577-4587, 1991.

DOREAU, M.; DIAWARA, A. Effect of level of intake on digestion in cows: influence of animal genotype and nature of hay. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v.81, n.1, p.35-45, 2003.

DOREAU, M. et al. Consequences of underfeeding on digestion and absorption in sheep. **Small Ruminant Research**, Amsterdam, v.49, n.3, p.289-301, 2003.

DOREAU, M.; MICHALET-DOREAU, B.; BECHET, G. Effect of underfeeding on digestion in cows. Interaction with rumen degradable N supply. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v.88, n.1-2, p.33-41, 2004.

EARLY, R.J.; MAHGOUB, O.; LU, C.D. Energy and protein utilization for maintenance and growth in Omani ram lambs in hot climates. II. Composition of tissue growth and nitrogen metabolism. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v.136, n.4, p.461-467, 2001.

ELLIS, M. et al. The influence of terminal sire breed on carcass composition and eating quality of crossbred lambs. **Animal Science**, Penicuik, v.64, n.1, p.77-86, 1997.

ETHERTON, T.D.; BAUMAN, D.E. Biology of somatotropin in growth and lactation of domestic animals. **Physiological Reviews**, Bethesda, v.78, n.3, p.745-761, 1998.

FAICHNEY, G.J. Digesta flow. In: DIJKSTRA, J.; FORBES, J.M.; FRANCE, J. (eds.). **Quantitative aspects of ruminant digestion and metabolism**. 2ed. Wallingford: CAB International, 2005. p.49-86.

FERNANDES, M.H.M.R. et al. Energy and protein requirements for maintenance and growth of Boer crossbred kids. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.85, n.4, p.1014-1023, 2007.

FERRELL, C.L. et al. Effects of sex, diet and stage of growth upon energy utilization by lambs. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.49, n.3, p.790-801, 1979.

FERRELL, C.L. Contribution of visceral organs to animal energy expenditures. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.66, n.3, p.23-24, 1988. (Suppl.)

FERRELL, C.L.; JENKINS, T.G. Body composition and energy utilization by steers of diverse genotypes fed a high-concentrate diet during the finishing period: I. Angus, Belgian Blue, Hereford, and Piedmontese sires. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.76, n.2, p.637-646, 1998a.

FERRELL, C.L.; JENKINS, T.G. Body composition and energy utilization by steers of diverse genotypes fed a high-concentrate diet during the finishing period: II. Angus, Boran, Brahman, Hereford, and Tuli sires. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.76, n.2, p.647-657, 1998b.

FOLIN, O. A theory of protein metabolism. **American Journal of Physiology**, Bethesda, v.13, n.2, p.117-138, 1905.

FORBES, J.M. Voluntary feed intake and diet selection. In: DIJKSTRA, J.; FORBES, J.M.; FRANCE, J. (eds.). **Quantitative aspects of ruminant digestion and metabolism**. 2ed. Wallingford: CAB International, 2005. p.607-625.

FREETLY, H.C. et al. Relationships among heat production, body weight, and age in Suffolk and Texel ewes. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.73, n.4, p.1030-1037, 1995.

FREETLY, H.C.; NIENABER, J.A.; BROWN-BRANDL, T. Relationships among heat production, body weight, and age in Finnsheep and Rambouillet ewes. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.80, n.3, p.825-832, 2002a.

FREETLY, H.C.; NIENABER, J.A.; BROWN-BRANDL, T.M. Relationship between aging and nutritionally controlled growth rate on heat production of ewe lambs. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.80, n.10, p.2759-2763, 2002b.

GARCIA, M.A. et al. Rumen fermentation pattern in goats and sheep grazing pastures from semiarid Spanish lands unsupplemented or supplemented with barley grain or barley grain-urea. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v.39, n.1, p.81-84, 1994.

GARRETT, W.N. Factors influencing energetic efficiency of beef production. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.51, n.6, p.1434-1440, 1980.

GIRÁLDEZ, F.J. et al. The influence of digestible organic matter and nitrogen intake on faecal and urinary nitrogen losses in sheep. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v.51, n.1, p.183-190, 1997.

GLUCKMAN, P.D.; BREIER, B.H.; DAVIS, S.R. Physiology of the somatotrophic axis with particular reference to the ruminant. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v.70, n.2, p.442-466, 1987.

GONZAGA NETO, S. et al. Composição corporal e exigências nutricionais de proteína e energia para cordeiros Morada Nova. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.34, n.6, p.2446-2456, 2005.

GOPINATH, R.; KITTS, W.D. Growth, N τ -methylhistidine excretion and muscle protein degradation in growing beef steers. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.59, n.5, p.1262-1269, 1984.

GRIMAUD, P.; DOREAU, M. Effect of extended underfeeding on digestion and nitrogen balance in nonlactating cows. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.73, n.1, p.211-219, 1995.

GRIMAUD, P. et al. Effect of drastic undernutrition on digestion in zebu cattle receiving a diet based on rice straw. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v.82, n.5, p.974-981, 1999.

HADDAD, S.G.; MAHMOUD, K.Z.; TALFAHA, H.A. Effect of varying levels of dietary undegradable protein on nutrient intake, digestibility and growth performance of Awassi lambs fed on high wheat straw diets. **Small Ruminant Research**, Amsterdam, v.58, n.3, p.231-236, 2005.

HARRELL, R.J. et al. Effect of porcine somatotropin administration in young pigs during the growth phase from 10 to 25 kilograms. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.75, n.12, p.3152-3160, 1997.

HERRERA-SALDANA, R. et al. Influence of synchronizing protein and starch degradation in the rumen on nutrient utilization and microbial protein synthesis. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v.73, n.1, p.142-148, 1990.

HOVELL, F.D.D.; GREENHALGH, J.F.; WAINMAN, F.W. The utilization of diets containing acetate salts by growing lambs as measured by comparative slaughter and respiration calorimetry, together with rumen fermentation. **British Journal of Nutrition**, Cambridge, v.35, n.3, p.343-363, 1976.

HUSTON, J.E. et al. Dynamics of digestion in cattle, sheep, goats and deer. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.62, n.1, p.208-215, 1986.

HYND, P.L.; MASTERS, D.G. Nutrition and wool growth. In: FREER, M.; DOVE, H. (eds.). **Sheep nutrition**. Wallingford: CAB International, 2002. p.400.

INKSTER, J.E. et al. The effect of clenbuterol on basal protein turnover and endogenous nitrogen loss of sheep. **Proceedings of the Nutrition Society**, Cambridge, v.62, n.2, p.285, 1989.

ISTASSE, L. et al. Animal performance, plasma hormones and metabolites in Holstein and Belgian Blue growing-fattening bulls. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.68, n.9, p.2666-2673, 1990.

JASSIM, R.A.M.A.; HASSAN, S.A.; AL-ANI, A.N. Metabolizable energy requirements for maintenance and growth of Awassi lambs. **Small Ruminant Research**, Amsterdam, v.20, n.3, p.239-245, 1996.

JONES, H.E. et al. Changes in muscularity with growth and its relationship with other carcass traits in three terminal sire breeds of sheep. **Animal Science**, Penicuik, v.74, n.2, p.265-275, 2002.

JOYCE, J.P.; BLAXTER, K.L. The effect of air movement, air temperature and infrared radiation on the energy requirements of sheep. **British Journal of Nutrition**, Cambridge, v.18, n.1, p.5-27, 1964.

KERTZ, A.F. et al. Effect of dietary protein intake on creatinine excretion and the creatinine-nitrogen ratio in bovine urine. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.30, n.2, p.278-282, 1970.

KIRKPATRICK, D.E.; STEENR, W.J. Performance, carcass composition and energy retention of lambs offered two contrasting grass-based forages. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v.132, n.1, p.117-126, 1999.

KOCK, S.W.; PRESTON, R.L. Estimation of bovine carcass composition by the urea dilution technique. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.48, n.2, p.319-327, 1979.

KOZLOSKI, G.V. **Bioquímica dos ruminantes**. Santa Maria: Editora UFSM, 2002. 140p.

KOZLOSKI, G.V. et al. Potential nutritional assessment of dwarf elephant grass (*Pennisetum purpureum* Schum. cv. Mott) by chemical composition, digestion and net portal flux of oxygen in cattle. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v.104, n.1-4, p.29-40, 2003.

KOZLOSKI, G.V. et al. Níveis de fibra em detergente neutro na dieta de cordeiros: consumo, digestibilidade e fermentação ruminal. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v.56, n.5, p.893-900, 2006.

LAPIERRE, H.; LOBLEY, G.E. Nitrogen recycling in the ruminant: A review. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v.84, n.E-Suppl, p.E223-236, 2001.

LICITRA, G.; HERNANDEZ, T.M.; VAN SOEST, P.J. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v.57, n.4, p.347-358, 1996.

LOBLEY, G.E. et al. Whole body and tissue protein synthesis in cattle. **British Journal of Nutrition**, Cambridge, v.43, n.3, p.491-502, 1980.

LOBLEY, G.E. Control of the metabolic fate of amino acids in ruminants: a review. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.70, n.10, p.3264-3275, 1992.

LOBLEY, G.E. et al. Hepatic detoxification of ammonia in the ovine liver: possible consequences for amino acid catabolism. **British Journal of Nutrition**, Cambridge, v.73, n.05, p.667-685, 1995.

LOBLEY, G.E. Protein turnover - what does it mean for animal production? **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v.83, n.3, p.327-340, 2003.

LOFGREEN, G.P.; GARRETT, W.N. Creatinine excretion and specific gravity as related to the composition of the 9, 10, 11th rib cut of hereford steers. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.13, n.2, p.496-500, 1954.

LOFGREEN, G.P.; GARRETT, W.N. A system for expressing net energy requirements and feed values for growing and finishing beef cattle. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.27, n.3, p.793-806, 1968.

LUO, J. et al. Prediction of metabolizable energy requirements for maintenance and gain of preweaning, growing and mature goats. **Small Ruminant Research**, Amsterdam, v.53, n.3, p.231-252, 2004a.

LUO, J. et al. Prediction of metabolizable energy and protein requirements for maintenance, gain and fiber growth of Angora goats. **Small Ruminant Research**, Amsterdam, v.53, n.3, p.339-356, 2004b.

MADER, T.L.; DAVIS, M.S. Effect of management strategies on reducing heat stress of feedlot cattle: Feed and water intake. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.82, n.10, p.3077-3087, 2004.

MORGAN, J.B. et al. Effect of castration on myofibrillar protein turnover, endogenous proteinase activities, and muscle growth in bovine skeletal muscle. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.71, n.2, p.408-414, 1993.

MULLIGAN, F.J. et al. The effect of dietary protein content and hay intake level on the true and apparent digestibility of hay. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v.68, n.1, p.41-52, 2001.

NELSON, D.L.; COX, M.M. **Lehninger principles of biochemistry**. 4ed. New York: W.H. Freeman and Company, 2004. 1124p.

NKRUMAH, J.D. et al. Relationships of feedlot feed efficiency, performance, and feeding behavior with metabolic rate, methane production, and energy partitioning in beef cattle. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.84, n.1, p.145-153, 2006.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutritional energetics of domestic animals and glossary of energy terms**. Washington, D.C.: National Academy Press, 1981a. 54p.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Effect of environment on nutrient requirements of domestic animals**. Washington, D.C.: National Academy Press, 1981b. 168p.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of sheep**. 6ed. Washington, D.C.: National Academy Press, 1985a. 112p.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Ruminant nitrogen usage**. Washington, D.C.: National Academy Press, 1985b. 148p.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of beef cattle**. 6ed. Washington, D.C.: National Academy Press, 1996. 242p.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of beef cattle**. 7ed. Washington, D.C.: National Academy Press, 2000. 248p.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of dairy cattle**. 7ed. Washington, D.C.: National Academy Press, 2001. 408p.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of small ruminants: Sheep, goats, cervids, and new world camelids**. Washington, D.C.: National Academy Press, 2007. 384p.

OLD, C.A.; GARRETT, W.N. Efficiency of feed energy utilization for protein and fat gain in Hereford and Charolais steers. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.60, n.3, p.766-771, 1985.

OLDHAM, J.D. Efficiencies of amino acid utilization. In: JARRIGE, R.; ALDERMAN, G. (eds.). **Feed evaluation and protein requirement systems for ruminants**. Luxembourg: CEC, 1987. p.171-186.

OLIVEIRA, A.N. et al. Composição corporal e exigências líquidas em energia e proteína para ganho de cordeiros de quatro grupos genéticos. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.28, n.5, p.1169-1176, 2004.

OLTHOFF, J.C.; DICKERSON, G.E. Composition of the whole body and component fractions in mature ewes from seven breeds. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.67, n.10, p.2565-2575, 1989.

ØRSKOV, E.R. et al. The effect an intensive production system of type of cereal and time of weaning on the performance of lambs. **Animal Production**, Bletchley, v.13, n.2, p.485-492, 1971.

ØRSKOV, E.R. et al. Investigation of nitrogen balance in dairy cows and steers nourished by intragastric infusion - Effects of submaintenance energy input with or without protein. **British Journal of Nutrition**, Cambridge, v.50, n.1, p.99-107, 1983.

PALADINES, O.L. et al. Relationship between the nitrogen content and the heat of combustion value of sheep urine. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.23, n.2, p.528-532, 1964.

PEREIRA, D.H. et al. Intake and total and partial digestibility of nutrients, ruminal pH and ammonia concentration and microbial efficiency in beef cattle fed with diets containing sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) silage and concentrate in different ratios. **Livestock Science**, Amsterdam, v.107, n.1, p.53-61, 2007.

PFANDER, W.H. Protein requirements. In: HAFEZ, E.S.E.; DYER, I.A. (eds.). **Animal growth and nutrition**. Philadelphia: Lea & Febiger, 1969. p.291-311.

PIRES, C.C.; SILVA, L.F.; SANCHEZ, L.M.B. Composição corporal e exigências nutricionais de energia e proteína para cordeiros em crescimento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.29, n.3, p.853-860, 2000.

POPPI, D.P.; GILL, M.; FRANCE, J. Integration of theories of intake regulation in growing ruminants. **Journal of Theoretical Biology**, London, v.167, n.2, p.129-145, 1994.

PUCHALA, R. et al. The relationship between heart rate and energy expenditure in Alpine, Angora, Boer and Spanish goat wethers consuming different quality diets at level of intake near maintenance or fasting. **Small Ruminant Research**, Amsterdam, v.70, n.2, p.183-193, 2007.

RATTRAY, P.V. et al. Net energy requirements for growth of lambs age three to five months. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.37, n.6, p.1386-1390, 1973.

REIS, P.J.; SAHLU, T. The nutritional control of the growth and properties of mohair and wool fibers: a comparative review. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.72, n.7, p.1899-1907, 1994.

REYNAL, S.M. et al. Effect of feeding protein supplements of differing degradability on omasal flow of microbial and undegraded protein. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v.86, n.4, p.1292-1305, 2003.

ROBERTSON, J.B.; VAN SOEST, P.J. The detergent system of analysis. In: JAMES, W.P.T.; THEANDER, O. (eds.). **The analysis of dietary fiber in food**. New York: Marcel Dekker, 1981. p.123-158.

ROHR, K. et al. Prediction of duodenal flow of non-ammonia nitrogen and amino acid nitrogen in dairy cows. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v.14, n.1, p.29-40, 1986.

ROMPALA, R.E. et al. Energy utilization and organ mass of Targhee sheep selected for rate and efficiency of gain and receiving high and low planes of nutrition. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.69, n.4, p.1760-1765, 1991.

SANO, H. et al. Effects of feed restriction and cold exposure on glucose metabolism in response to feeding and insulin in sheep. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.77, n.9, p.2564-2573, 1999.

SANTOS, Y.C.C. et al. Exigência de energia líquida para manutenção de cordeiros Bergamácia dos 35 aos 45 kg de peso vivo. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.26, n.1, p.182-187, 2002.

SANZ SAMPELAYO, M.R. et al. Energy utilization for maintenance and growth in preruminant kid goats and lambs. **Small Ruminant Research**, Amsterdam, v.17, n.1, p.25-30, 1995.

SAUVANT, D.; BERTRAND, D.; GIGER, S. Variations and prevision of the in sacco dry matter digestion of concentrates and by-products. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v.13, n.1-2, p.7-23, 1985.

SÈVE, B.; PONTER, A.A. Nutrient-hormone signals regulating muscle protein turnover in pigs. **Proceedings of the Nutrition Society**, Cambridge, v.56, n.2, p.565-580, 1997.

SILVA, A.M.A. et al. Net requirements of protein and energy for maintenance of wool and hair lambs in a tropical region. **Small Ruminant Research**, Amsterdam, v.49, n.2, p.165-171, 2003.

SILVA, A.M.A. et al. Food intake and digestive efficiency in temperate wool and tropic semi-arid hair lambs fed different concentrate: forage ratio diets. **Small Ruminant Research**, Amsterdam, v.55, n.1, p.107-115, 2004.

SILVA, A.M.A. et al. Net and metabolizable protein requirements for body weight gain in hair and wool lambs. **Small Ruminant Research**, Amsterdam, v.67, n.2-3, p.192-198, 2007.

SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3ed. Viçosa: UFV, 2002. 235p.

SILVA, J.F.C. Metodologias para determinação de exigências nutricionais em ovinos. In: SILVA SOBRINHO, A.G.; BATISTA, A.M.V.; SIQUEIRA, E.R. et al. (eds.). **Nutrição de ovinos**. Jaboticabal: FUNEP, 1996. p.1-68.

SMUTS, D.B. The relation between the basal metabolism and the endogenous nitrogen metabolism, with particular reference to the estimation of the maintenance requirement of protein. **Journal of Nutrition**, Savoy, v.9, n.4, p.403-433, 1935.

STATISTICAL ANALISYS SYSTEM - SAS. **SAS/STAT® 9.1 User's guide**. Cary, NC: SAS Institute Inc., 2004. 5135p.

SUSENBETH, A. et al. Energy requirement for eating in cattle. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.76, n.10, p.2701-2705, 1998.

SVEINBJORNSSON, J.; MURPHY, M.; UDEN, P. Effect of the level of dry matter and protein and degradation rate of starch on in vitro ruminal fermentation. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v.130, n.3-4, p.191-203, 2006.

SWENSSON, C. Relationship between content of crude protein in rations for dairy cows, N in urine and ammonia release. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v.84, n.2, p.125-133, 2003.

SWICK, R.W.; BENEVENGA, N.J. Labile protein reserves and protein turnover. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v.60, n.4, p.505-515, 1977.

TAGARI, H.; BERGMAN, E.N. Intestinal disappearance and portal blood appearance of amino acids in sheep. **Journal of Nutrition**, Bethesda, v.108, n.5, p.790-803, 1978.

TEDESCHI, L.O. et al. Development and evaluation of a tropical feed library for the Cornell Net Carbohydrate and Protein System model. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.59, n.1, p.1-18, 2002.

TURNPENNY, J.R. et al. Thermal balance of livestock. 2. Applications of a parsimonious model. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v.101, n.1, p.29-52, 2000.

VAGNONI, D.B. et al. Excretion of purine derivatives by Holstein cows abomasally infused with incremental amounts of purines. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v.80, n.8, p.1695-1702, 1997.

VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B.; LEWIS, B.A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v.74, n.10, p.3583-3597, 1991.

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

WEBSTER, A.J.F.; WHITE, F. Portal blood flow and heat production in the digestive tract of sheep. **British Journal of Nutrition**, Cambridge, v.29, n.2, p.279-293, 1982.

WILLIAMS, C.B.; JENKINS, T.G. A dynamic model of metabolizable energy utilization in growing and mature cattle. I. Metabolizable energy utilization for maintenance and support metabolism. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.81, n.6, p.1371-1381, 2003.

WOOD, J.D. et al. Carcass composition in four sheep breeds: the importance of type of breed and stage of maturity. **Animal Production**, Bletchley, v.30, n.1, p.135-152, 1980.

WRAY-CAHEN, D. et al. Hepatic response to increased exogenous supply of plasma amino acids by infusion into the mesenteric vein of Holstein-Friesian cows in late gestation. **British Journal of Nutrition**, Cambridge, v.78, n.6, p.913-930, 1997.

WRIGHT, T.C.; MASS, J.A.; MILLIGAN, L.P. Interactions between protein and energy metabolism. In: DIJKSTRA, J.; FORBES, J.M.; FRANCE, J. (eds.). **Quantitative aspects of ruminant digestion and metabolism**. 2ed. Wallingford: CAB International, 2005. p.399-420.

YOUNG, B.A. et al. Physiological adaptation to the environment. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.67, n.9, p.2426-2432, 1989.

APÊNDICES

Apêndice A – Médias das temperaturas mínimas, máximas e médias durante o período experimental^a

Mês/ano	T. mínima, °C	T. máxima, °C	T. média, °C
Agosto/2006	9,8	21,8	14,8
Setembro/2006	10,8	22,2	15,6
Outubro/2006	15,5	26,8	20,6
Novembro/2006	16,5	27,1	21,2
Dezembro/2006	19,7	32,1	25,8
Janeiro/2007	20,5	30,5	24,7
Fevereiro/2007	19,6	31,1	24,6

^a Dados obtidos junto à Estação Meteorológica da UFSM.

Apêndice B – Valores individuais dos consumos de matéria seca de volumoso (CMSv), concentrado (CMSc) e total (CMS), e ganho médio diário (GMD) dos cordeiros do desmame ao abate

Animal	Grupo ^a	CMSv, kg	CMSc, kg	CMS, kg	GMD, kg/dia
30	A25	0,352	0,288	0,640	0,231
50	A25	0,415	0,340	0,755	0,257
54	A25	0,370	0,303	0,673	0,230
107	A25	0,310	0,254	0,564	0,181
157	A25	0,302	0,247	0,549	0,216
3	A30	0,414	0,339	0,753	0,253
10	A30	0,369	0,302	0,672	0,247
92	A30	0,386	0,316	0,702	0,260
106	A30	0,331	0,271	0,601	0,194
146	A30	0,354	0,290	0,644	0,230
77	A35	0,469	0,383	0,852	0,277
100	A35	0,499	0,409	0,908	0,306
101	A35	0,447	0,366	0,813	0,293
175	A35	0,430	0,352	0,781	0,230
272	A35	0,504	0,412	0,916	0,271
60	55% <i>ad</i>	0,170	0,139	0,309	0,010
51	55% <i>ad</i>	0,203	0,166	0,369	0,036
84	55% <i>ad</i>	0,164	0,134	0,298	0,026
88	55% <i>ad</i>	0,161	0,132	0,292	0,031
6	55% <i>ad</i>	0,156	0,127	0,283	0,031
26	70% <i>ad</i>	0,223	0,183	0,406	0,052
36	70% <i>ad</i>	0,239	0,196	0,435	0,069
102	70% <i>ad</i>	0,276	0,225	0,501	0,134
130	70% <i>ad</i>	0,223	0,183	0,406	0,098
239	70% <i>ad</i>	0,219	0,179	0,398	0,104

^a Grupo de abate: A25 – abate aos 25 kg; A30 – abate aos 30 kg; A35 – abate aos 35 kg; 55% *ad* – animais sob restrição equivalente a 55% do consumo *ad libitum*; 70% *ad* – animais sob restrição equivalente a 70% do consumo *ad libitum*.

Apêndice C – Valores individuais de peso inicial (PI), peso ao abate (PA), peso de corpo vazio (PCV) e conteúdos de água, proteína, gordura e energia do corpo vazio livre de lã

Animal	Grupo ^a	PI, kg	PA, kg	PCV, kg	Água, kg	Proteína, kg	Gordura, kg	Energia, kcal
48	AI	15,600	15,600	13,910	9,726	2,319	1,024	22706
105	AI	18,800	18,800	15,995	11,426	2,595	1,109	25060
141	AI	17,100	17,100	15,470	10,670	2,562	1,392	27530
153	AI	18,600	18,600	16,080	11,173	2,533	1,493	28325
240	AI	16,400	16,400	14,295	10,028	2,363	1,104	23706
30	A25	19,400	25,400	20,981	14,156	3,113	2,395	40074
50	A25	19,700	25,600	20,665	14,284	3,176	1,850	35302
54	A25	15,500	25,400	20,700	14,437	3,306	1,803	35591
107	A25	18,700	25,400	20,440	14,066	3,303	1,739	34970
157	A25	14,200	25,900	20,270	13,867	3,132	2,017	36621
3	A30	19,600	30,500	25,155	17,298	3,946	2,575	46457
10	A30	16,100	30,900	26,055	17,307	4,280	2,948	51851
92	A30	20,600	31,000	24,160	15,689	3,669	3,237	51127
106	A30	16,200	29,800	24,265	16,418	3,772	2,378	43625
146	A30	14,600	30,900	24,395	16,551	3,783	2,554	45346
77	A35	18,000	35,200	28,785	18,340	4,580	4,058	63980
100	A35	21,100	35,500	28,900	19,253	4,495	3,281	56198
101	A35	15,700	35,600	28,945	19,236	4,683	3,261	57059
175	A35	17,000	35,600	28,795	18,130	4,230	4,497	66124
272	A35	19,600	35,300	28,735	18,727	4,619	3,582	59726
60	55% <i>ad</i>	19,000	19,800	15,710	10,856	2,577	0,943	23399
51	55% <i>ad</i>	21,500	23,500	20,210	13,917	3,188	1,615	33162
84	55% <i>ad</i>	18,400	19,600	16,310	11,229	2,654	1,257	26784
88	55% <i>ad</i>	16,600	18,700	15,845	10,545	2,452	1,522	28137
6	55% <i>ad</i>	16,300	18,100	14,985	9,973	2,392	1,267	25400
26	70% <i>ad</i>	17,700	20,500	15,590	10,520	2,482	1,319	26399
36	70% <i>ad</i>	18,200	22,900	19,110	12,362	2,918	2,373	38759
102	70% <i>ad</i>	20,600	28,900	22,575	15,118	3,395	2,408	41778
130	70% <i>ad</i>	15,200	23,100	17,725	11,854	2,720	1,718	31485
239	70% <i>ad</i>	16,800	21,700	17,685	12,248	2,786	1,447	29316

^a Grupo de abate: AI – abate inicial; A25 – abate aos 25 kg; A30 – abate aos 30 kg; A35 – abate aos 35 kg; 55% *ad* – animais sob restrição equivalente a 55% do consumo *ad libitum*; 70% *ad* – animais sob restrição equivalente a 70% do consumo *ad libitum*.

Apêndice D – Valores individuais dos conteúdos de proteína, gordura e energia da lã

Grupo	Grupo ^a	Proteína, kg	Gordura, kg	Energia, kcal
48	AI	0,206	0,040	1537
105	AI	0,196	0,029	1376
141	AI	0,183	0,029	1308
153	AI	0,262	0,034	1795
240	AI	0,183	0,023	1256
30	A25	0,417	0,058	2901
50	A25	0,399	0,061	2821
54	A25	0,242	0,059	1924
107	A25	0,401	0,041	2645
157	A25	0,411	0,055	2836
3	A30	0,372	0,067	2723
10	A30	0,432	0,077	3162
92	A30	0,451	0,065	3161
106	A30	0,468	0,088	3467
146	A30	0,485	0,065	3349
77	A35	0,542	0,115	4140
100	A35	0,541	0,087	3873
101	A35	0,547	0,091	3940
175	A35	0,729	0,094	4998
272	A35	0,556	0,127	4335
60	55% <i>ad</i>	0,446	0,102	3476
51	55% <i>ad</i>	0,427	0,050	2878
84	55% <i>ad</i>	0,286	0,062	2197
88	55% <i>ad</i>	0,535	0,077	3740
6	55% <i>ad</i>	0,466	0,065	3243
26	70% <i>ad</i>	0,390	0,129	3416
36	70% <i>ad</i>	0,501	0,091	3679
102	70% <i>ad</i>	0,542	0,060	3619
130	70% <i>ad</i>	0,466	0,090	3471
239	70% <i>ad</i>	0,377	0,058	2674

^a Grupo de abate: AI – abate inicial; A25 – abate aos 25 kg; A30 – abate aos 30 kg; A35 – abate aos 35 kg; 55% *ad* – animais sob restrição equivalente a 55% do consumo *ad libitum*; 70% *ad* – animais sob restrição equivalente a 70% do consumo *ad libitum*.

Apêndice E – Valores individuais dos consumos (kg/dia) de matéria seca (CMS), matéria orgânica (CMO), nitrogênio (CN), fibra em detergente neutro (CFDN) e carboidratos totais (CCHOT) dos cordeiros utilizados no ensaio de digestibilidade

Animal	Período	Tratamento ^a	CMS	CMO	CN	CFDN	CCHOT
1	1	<i>ad libitum</i>	0,917	0,869	0,027	0,264	0,670
1	2	70% <i>ad</i>	0,628	0,595	0,018	0,183	0,468
1	3	55% <i>ad</i>	0,600	0,570	0,017	0,177	0,447
2	1	70% <i>ad</i>	0,710	0,672	0,020	0,229	0,526
2	2	55% <i>ad</i>	0,515	0,488	0,015	0,150	0,383
2	3	<i>ad libitum</i>	1,184	1,125	0,035	0,317	0,874
3	1	55% <i>ad</i>	0,497	0,470	0,014	0,160	0,368
3	2	<i>ad libitum</i>	0,860	0,816	0,025	0,223	0,633
3	3	70% <i>ad</i>	0,788	0,748	0,022	0,232	0,588
4	1	<i>ad libitum</i>	0,984	0,933	0,030	0,272	0,715
4	2	70% <i>ad</i>	0,768	0,728	0,022	0,223	0,572
4	3	55% <i>ad</i>	0,589	0,559	0,017	0,174	0,439
5	1	70% <i>ad</i>	0,790	0,747	0,022	0,254	0,585
5	2	55% <i>ad</i>	0,670	0,635	0,019	0,195	0,499
5	3	<i>ad libitum</i>	1,178	1,120	0,035	0,308	0,868
6	1	55% <i>ad</i>	0,551	0,521	0,016	0,177	0,408
6	2	<i>ad libitum</i>	1,100	1,043	0,032	0,297	0,813
6	3	70% <i>ad</i>	0,795	0,754	0,022	0,234	0,593

^a Tratamento: consumo *ad libitum*, 55 e 70% do consumo *ad libitum*.

Apêndice F – Valores individuais das excreções (kg/dia) de matéria seca (ExMS), matéria orgânica (ExMO), nitrogênio (ExN), fibra em detergente neutro (ExFDN) e carboidratos totais (ExCHOT) dos cordeiros utilizados no ensaio de digestibilidade

Animal	Período	Tratamento ^a	ExMS	ExMO	ExN	ExFDN	ExCHOT
1	1	<i>ad libitum</i>	0,264	0,236	0,009	0,127	0,173
1	2	70% <i>ad</i>	0,162	0,143	0,005	0,076	0,109
1	3	55% <i>ad</i>	0,162	0,145	0,004	0,082	0,112
2	1	70% <i>ad</i>	0,193	0,172	0,006	0,089	0,130
2	2	55% <i>ad</i>	0,135	0,118	0,004	0,060	0,090
2	3	<i>ad libitum</i>	0,380	0,342	0,011	0,182	0,266
3	1	55% <i>ad</i>	0,114	0,099	0,004	0,055	0,073
3	2	<i>ad libitum</i>	0,217	0,195	0,007	0,101	0,146
3	3	70% <i>ad</i>	0,203	0,182	0,006	0,100	0,138
4	1	<i>ad libitum</i>	0,253	0,228	0,008	0,126	0,170
4	2	70% <i>ad</i>	0,210	0,186	0,006	0,109	0,142
4	3	55% <i>ad</i>	0,147	0,131	0,004	0,075	0,100
5	1	70% <i>ad</i>	0,199	0,175	0,006	0,097	0,133
5	2	55% <i>ad</i>	0,171	0,152	0,005	0,084	0,113
5	3	<i>ad libitum</i>	0,312	0,279	0,011	0,146	0,205
6	1	55% <i>ad</i>	0,145	0,124	0,004	0,069	0,092
6	2	<i>ad libitum</i>	0,297	0,270	0,009	0,148	0,204
6	3	70% <i>ad</i>	0,216	0,194	0,006	0,114	0,150

^a Tratamento: consumo *ad libitum*, 55 e 70% do consumo *ad libitum*.