



Avaliação das exigências nutricionais de pequenos ruminantes pelos sistemas de alimentação recentemente publicados

Kleber Tomás de Resende¹, Herymá Giovane de Oliveira Silva²,
Lisiane Dorneles de Lima², Izabelle Auxiliadora Molina de Almeida Teixeira¹

¹ Departamento de Zootecnia da UNESP, campus de Jaboticabal

² Aluno do Programa de Pós-graduação em Zootecnia da UNESP, campus de Jaboticabal

RESUMO - Um experimento foi conduzido com o objetivo de verificar os efeitos de diferentes relações flúor:fósforo na alimentação sobre o desempenho de frangos de corte. Foram utilizados 1.000 pintos de corte de 1 dia distribuídos em um delineamento inteiramente casualizado, com quatro tratamentos e cinco repetições de 50 aves por boxe. Os tratamentos consistiram de quatro fontes de fósforo com relações flúor:fósforo de 1:40, 1:60, 1:80 e 1:100. O experimento foi dividido em três fases experimentais: 1 a 21, 22 a 42 e 43 a 49 dias de idade. Em cada fase, avaliou-se o consumo de ração, o ganho de peso e a conversão alimentar. Ao final do experimento, foram abatidas duas aves de cada repetição para coleta da tibia e de músculos do peito para análise das concentrações.

Palavras-chave: caprinos, eficiência de utilização, gestação, lactação, manutenção

Introdução

Ao longo das últimas décadas, a caprino-ovinocultura tem sofrido grandes modificações nos diversos elos de suas cadeias produtivas, devido à expansão dos mercados interno e externo. Segundo o IBGE (2008) o rebanho nacional de ovinos e caprinos somava, em 2004, 25 milhões de cabeças, atualmente estes já superam 30 milhões de animais. Com isso, o Brasil é considerado o oitavo maior criador mundial de caprinos e ovinos. Não somente o efetivo tem aumentado, mas a capacidade produtiva dessas espécies também tem evoluído devido a vários fatores, dentre eles merece destaque o melhoramento genético visando a produção de carne e leite. À medida que os ovinos e caprinos passaram a apresentar melhorias nos seus índices produtivos (taxa de ganho de peso, conversão alimentar, rendimento de carcaça, produção leiteira), as suas exigências nutricionais tornaram-se naturalmente mais elevadas.

As recomendações de exigências nutricionais para caprinos e ovinos, adotadas no Brasil, foram desenvolvidas em outros países e muitas vezes foram extrapoladas de outras espécies. Por esta razão nem sempre estas condizem com o desempenho observado, uma vez que as exigências nutricionais são influenciadas por vários fatores, tais como condições ambientais, nível nutricional, raça, espécies, entre outros.

Dentre os sistemas de alimentação mais comumente adotados em nosso país para os pequenos ruminantes, destacam-se o britânico, AFRC; o americano, NRC; o francês, INRA; e o australiano, CSIRO. Estes diferem nos valores preconizados para as exigências nutricionais, em função das diferenças nas metodologias, nos fatores de correção e eficiências de utilização adotados por estes sistemas. Em face da extrema importância de avaliar cada sistema e suas peculiaridades, para propiciar a escolha daquele que mais se adequa as condições as quais os animais serão submetidos, neste texto foram abordados os aspectos que foram considerados nos sistemas de alimentação mais recentemente publicados, para gerar os valores das exigências nutricionais de ovinos e caprinos. Assim, os sistemas avaliados foram o National Research Council (NRC, 2006; NRC) e o Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization (CSIRO, 2007; CSIRO). O NRC adotou, para caprinos, quase que integralmente o sistema proposto pelo grupo de pesquisadores do "E(Kika) of the Garza Institute for Goat Research-Langston University, que reuniram as informações sobre esta espécie em um conjunto de publicações no ano de 2004 (Luo et al., 2004a, b, c, d, e; Moore et al., 2004; Sahlou et al., 2004; IGR). E para ovinos, este comitê adotou, o modelo proposto por Cannas et al. (2004), o qual consiste no "The Cornell Net Carbohydrate and Protein System" (CNCPS)

modificado para ser utilizado para ovinos. O CSIRO, por sua vez, consiste em uma versão atualizada das recomendações dos pesquisadores australianos quanto às exigências nutricionais de ovinos, caprinos e bovinos. Quando conveniente foi realizada comparação destes sistemas com as versões mais antigas do INRA e AFRC.

Para atingir os objetivos propostos não somente foram abordadas as exigências nutricionais, mas também foi comentado sobre a estimativa do consumo de matéria seca (MS), uma vez que este consiste em um grande diferencial entre os sistemas de alimentação. Entretanto, este artigo não fez referência a determinação do valor nutricional dos alimentos pelos diferentes sistemas, isto deve-se ao fato de apesar dos comitês utilizarem diferentes abordagens, os resultados encontrados são similares entre eles. Além disso, na literatura nacional há indicativos que as equações propostas pelos comitês internacionais são adequadas para predição do valor energético de alimentos nas condições brasileiras (Rocha Jr et al. 2003; Costa et al., 2005;)

Todas as abreviaturas utilizadas ao longo deste manuscrito estão apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Definições das abreviaturas utilizadas no artigo

Abreviatura	Definições, unidades
CMS	Consumo de matéria seca, g /dia
CMP	Concentração média de proteína depositada no período em que ocorre a mudança corporal, g
CR	Condição relativa
D	Proporção da dieta destinada a produção de leite
DF	Disponibilidade de forragem, ton MS/ha
DH	Distância percorrida na horizontal, km
DO	Digestibilidade da matéria orgânica do pasto, %
DP	Distância percorrida, km
DV	Distância percorrida na vertical, km
EC	Escore corporal (escala 0 a 5 pontos)
EC ges	Escore corporal na parição
EL	Energia líquida total, Mcal/dia
ELg	Energia líquida para ganho, Mcal/dia
ELges	Energia líquida para gestação, Mcal/dia
ELl	Energia líquida para lactação, Mcal/dia
ELm	Energia líquida para manutenção, Mcal/dia
Elp	Energia líquida para pele ou lã, Mcal/dia
EMAcli	Energia metabolizável para aclimatização, MJ /dia
EMg	Energia metabolizável para ganho, Mcal/dia
EMges	Energia metabolizável para gestação, Mcal/dia
EMm	Energia metabolizável para manutenção, Mcal/dia
EMpastejo	Energia metabolizável para pastejo, MJ /dia
EMprodução	Energia metabolizável para produção, MJ /dia
FC	Fator de correção
FCatv	Fator de correção para atividade
Fp	Proporção de forragem, %
G	Genótipo
Gord	Gordura do leite, %

Continua...

Abreviatura	Definições, unidades
GPD	Ganho de peso diário, kg
IDa	Idade do animal em anos
IDm	Idade do animal em meses
IEM	Ingestão de energia metabolizável, MJ/dia
In	Inclinação do terreno (escala 1 a 5)
$K_m, K_g,$ K_{ges}, K_l, k_p	Eficiência de utilização da energia metabolizável para energia líquida da manutenção, ganho, gestação, lactação, e pele ou lã, respectivamente
L	Múltiplo da manutenção
Lact	Lactose do leite, g
MGM	Massa de gordura mobilizada, g
MPC _{final}	Massa de proteína do corpo final, g
MPC _{inicial}	Massa de proteína do corpo inicial, g
mPg	Massa de proteína no período, g
MPM	Massa de proteína mobilizada, g
MS	Matéria seca, %
MT	Mobilização dos tecidos, g
N	Peso normal em relação ao peso padrão de referência, kg
NC	Número de crias mamando
NDP	Nitrogênio da descamação da pele, g/dia
NF	Números de fetos
NFE	Nitrogênio fecal endógeno, g/dia
NUE	Nitrogênio urinário endógeno, g/dia
PB ₁	Proteína do leite, g
PC	Peso corporal, kg
PC ^{0,75}	Peso metabólico, kg
PCA	Peso corporal adulto, kg
PCN	Peso das crias ao nascer, kg
PC _{nasc}	Peso corporal ao nascimento, kg
PCV	Peso do corpo vazio, kg
PCV _{final}	Peso do corpo vazio final, kg
PCV _{inicial}	Peso do corpo vazio inicial, kg
PJ	Peso em jejum, kg
PL _g	Proteína líquida de ganho, g
PL _l	Proteína líquida de lactação, g
PL _m	Proteína líquida para manutenção, Mcal /dia
PM _g	Proteína metabolizável para ganho, g
PM _{ges}	Proteína metabolizável para gestação, g
PM _m	Proteína metabolizável para manutenção, g
PMt	Proteína mobilizada do tecido usada para lactação quando o peso diário é negativo
PPR	Peso padrão referência, kg
PV	Peso vivo, kg
P _v	Proteína verdadeira, g
R _t	Tempo de restrição em semanas
S	Sexo
T _{ges}	Tempo de gestação, dias
T _l	Tempo de lactação, dias
Tp	Temperatura média mensal, °C
TP	Tempo de pastejo, horas

Consumo de Matéria Seca

O consumo voluntário máximo de alimento é determinado pela combinação do potencial animal por demanda de energia e capacidade física do trato digestório, sendo estes claramente proporcionais, ao tamanho do animal. Com tudo o peso em si não é um bom referencial do tamanho corporal, uma vez que sofre a influência da fase de desenvolvimento e das condições corporais. Ademais, é necessário avaliar o potencial de consumo de MS do indivíduo, o qual

depende do estado fisiológico, composição da dieta, qualidade e quantidade do alimento oferecido, além de poder ser reduzido por doenças ou por estresse. Entretanto, nem todos os fatores citados são levados em consideração pelos sistemas de alimentação, cada um deles estima o consumo de matéria seca dando ênfase a diferentes aspectos que influenciam o potencial de consumo pelos animais.

O AFRC (1998), no cálculo de ingestão de matéria seca para animais em crescimento, levou em consideração o peso corporal e a concentração energética da dieta (Tabela 2

item a), para as cabras em lactação considerou a produção de leite, a mudança de peso no período e a proporção de volumoso na ração (Tabela 2, item b), e para as demais categorias, esse comitê preconizou valores fixos em função do peso metabólico ou peso corporal (Tabela 2, itens d-e). Para ovinos, o AFRC (1993) recomendou para todas as categorias uma equação em função do peso corporal metabólico (Tabela 2, itens f-g), porém para animais em crescimento sugeriu uma correção baseado na concentração de energia metabolizável da ração (Tabela 2, item h).

Tabela 2: Equações para predição de ingestão de matéria seca por diferentes sistemas

Item	Equação	Fase
AFRC (1998) – AFRC 1993		
A	$CMS = (76,7 \text{ g de MS/PC}^{0,75}) * [(-0,66 + 1,333 * (\text{Mcal/kg de MS}) - 0,266 * (\text{Mcal/kg de MS})^2)]$	Caprinos em crescimento
B	$CMS = 0,42Y + 0,024 \text{ PC}^{0,75} + 0,4 \Delta \text{PC} + 0,7F_p$	Cabras em lactação
C	$CMS = 0,0062 * \text{PC}^{0,75} + 0,305 * (\text{kg de leite/dia com } 3,5\% \text{ de gordura})$	Cabras de leite gestantes e lactantes
D	$CMS = 0,522 + 0,0135 * \text{PC}$	Caprinos adultos em manutenção
E	$CMS = 76,3 \text{ g de MS/PC}^{0,75}$	Cabras no final da gestação
F	$CMS = 90 \text{ g de MS/PC}^{0,75}$	Ovelhas no final da gestação
G	$CMS = 138 \text{ g de MS/PC}^{0,75}$	Ovelhas em lactação
H	$CMS = (74,9 \text{ g de MS/PC}^{0,75}) * [(-0,66 + 1,333 * (\text{Mcal/kg de MS}) - 0,266 * (\text{Mcal/kg de MS})^2)]$	Ovinos em crescimento
NRC (2006)		
i.1	$CMS = 0,04 * \text{PCA} * (\text{PC/PPR}) * (1,7 - (\text{PC/PPR}))$	Caprinos e ovinos para dietas com digestibilidade >0,8
i.2	$CMS (\% \text{PC}) = 6,8 * (\text{PC/PPR}) - 4 * (\text{PC/PPR})^2$	
J	$CMS = 1 - 1,7(0,8 - \text{Digestibilidade})$	Fator de correção para digestibilidade
L	$CMS = 1,474800751 - [0,093205211 * (\text{MJ/kg de MS}) * 4,184] + (0,266851028 * \text{IEM/EM}_m) + [0,004336355 * (\text{MJ/kg de MS} * 4,184)^2] - [0,025700525 * (\text{MJ/kg de MS}) * 4,184 * (\text{MJ/kg de MS})]$	Fator de correção para ingestão de MS por animais em crescimento em função da concentração de EM na dieta, ingestão de EM e custo de EM para manutenção
M	$CMS = 1,0 + 0,025 * \text{NC} * T_1^{1,4 \exp(-0,05T_1)}$	Fator de correção para ovelhas amamentando: $nc = 1$ e $1,35$ para um cordeiro e gêmeos, respectivamente, e $T_1 =$ tempo de lactação
CSIRO (2007)		
N	$N = \text{PPR} - (\text{PPR} - \text{PC}_{\text{nasc}}) * \exp(-0,47 * \text{ID}_m * \text{PPR}^{-0,27})$	$N =$ peso normal em relação ao peso padrão de referência; $\text{ID}_m =$ idade em meses
O	$\text{CR} = \text{PPR} * (\text{PC/N}) * (\text{N/PPR})$	$\text{CR} =$ relativa condição
P	$\text{CMS (kg de MS/dia)} = 0,040 \text{ PPR} * [\text{PC/PPR} * (1,7 - \text{PC/PPR})] * \text{FC}$	Ovelhas não lactantes em zona de conforto.
Q	$\text{FC} = \text{CR} * (1,5 - \text{CR}) / 0,5$ para $\text{CR} > 1,0$; Outra situação $\text{FC} = 1$.	$\text{FC} =$ Fator de correção quando $\text{CR} > 1$, para animais não lactantes
R	$\text{FC} = (1,0 - P_{\text{leite}}) / [1,0 + e^{(-0,5(\text{ID}_d - 25))}]$	$\text{FC} =$ fator de correção para animais lactantes; $P_{\text{leite}} =$ proporção de leite na dieta; $\text{ID}_d =$ idade em dias;
S	$\text{CF} = 1,0 + a(T_i/28 * e^{(1,4 - T_i/28)}) * \text{EC}_{\text{ges}} * \text{D}$	$\text{FC} =$ fator de correção para lactação; $\text{EC}_{\text{ges}} = 0,5 + 0,5 * \text{CR}$ ao parto; $a = 0,52$ ou $0,71$ e $0,66$ ou $0,88$ para ovelhas tipo merino e tipo carne, com um ou dois cordeiros ao pé, respectivamente; $\text{D} =$ proporção da dieta destinada a produção de leite

CMS expresso em gramas por dia, exceto nos itens i (i.1 - kg/d e i.2 - % PC) e p (kg/d)

As equações de estimativa de consumo de matéria seca preconizadas pelo NRC basearam-se naquelas recomendadas para ovinos pelo CSIRO (1990), embora seja de conhecimento que existem

diferenças entre as espécies, a escassez de informações específicas para caprinos fez com que fossem aplicadas as mesmas equações para as duas espécies. De maneira geral, este comitê baseou suas equações no peso padrão

de referência (PPR) com escore corporal de 2,5 (escala de 0-5) e para uma ração com digestibilidade acima de 80% (Tabela 2, item i), e sugeriu a correção do consumo, quando digestibilidade é menor que este valor (Tabela 2, item j), e em função da proporção de leguminosa na dieta ($0,17 \cdot \text{teor de leguminosa}$). Assim um animal adulto pastejando gramíneas com 80% de digestibilidade, sem leguminosa consumirá diariamente 2,8% de seu peso corporal. Ademais, o NRC considerou que o consumo de MS é constante durante toda a gravidez (Tabela 2, item i), e durante a lactação este apresentará um comportamento quadrático, sendo que o pico acontecerá por volta da quarta semana após a parição (Tabela 2, item l). Para animais em crescimento, foi sugerido uma correção em função da concentração de energia da ração e o múltiplo de ingestão de energia acima da manutenção (Tabela 2, item m).

O CSIRO definiu o potencial de ingestão de alimentos como a quantidade de alimento ingerido quando oferecido á vontade e o animal é capaz de selecionar uma dieta com uma digestibilidade da MS de pelo menos 80% ou com uma concentração de pelo menos 2,6 Mcal/kg de MS (11 MJ EM/kg de MS). Esse comitê adotou para os cálculos de ingestão de MS o peso à maturidade relativo (peso corporal atual/peso corporal a maturidade), indicando que o pico de ingestão ocorre quando o tamanho relativo for 0,85 (Figura 1). Ainda, sugere um fator de correção em função do estágio de desenvolvimento do animal (Tabela 2; itens n-s), baseado em nas curvas preconizadas por Brody (1945) e Taylor (1968). Este sistema de alimentação disponibiliza on-line planilhas para avaliação da influência desses fatores de correção na estimativa de consumo de matéria seca (www.pi.csiro.au/grazplan, SheepExplorer).

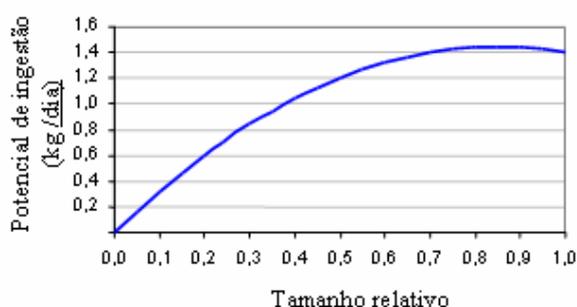


Figura 1. Potencial de ingestão de matéria seca por ovelhas de corte, em função do peso relativo do animal

É necessária a avaliação das equações preconizadas pelos diferentes comitês para animais criados em condições brasileiras, entretanto sabendo que o consumo voluntário de um alimento é determinado pela combinação da demanda de energia pelo animal e a capacidade física do seu trato digestório, acredita-se que aquelas preconizadas pelo NRC possam ser mais adequadas, uma vez que leva em consideração, não somente o peso do animal, mas também a qualidade da ração.

Exigências nutricionais

De maneira geral, os sistemas de alimentação utilizam o método fatorial para a determinação das exigências nutricionais, o qual fraciona as exigências líquidas dos animais em seus diversos componentes (manutenção, crescimento, gestação, lactação, produção de fibra ou lã). Por exemplo, para a energia, a exigência de energia líquida (EL) total compreenderá a somatória da EL para manutenção (EL_m), ganho de peso (EL_g), produtos da gestação (EL_{ges}), produção de leite (EL_l) e produção pêlo ou lã (EL_p):

$$EL = EL_m + EL_g + EL_{ges} + EL_l + EL_p. \quad \text{Eq. 1}$$

Entretanto, nem sempre tem-se disponível a composição líquida dos alimentos, então é necessário conhecer a eficiência de utilização dos nutrientes para cada componente (k), para desta maneira poder expressar as exigências dietéticas de maneira mais acessível. No caso da representação das exigências de energia metabolizável, ter-se-ia a seguinte equação:

$$EM = EL_m/k_m + EL_g/k_g + EL_{ges}/k_{ges} + EL_l/k_l + EL_p/k_p. \quad \text{Eq. 2}$$

Em que, EL_m é a energia de líquida de manutenção, EL_g é a energia líquida para ganho, EL_{ges} é a energia líquida para gestação, EL_l é a energia líquida para lactação, EL_p é a energia líquida para crescimento de pelo ou lã, k_m , k_g , k_{ges} , k_l e k_p é a eficiência de utilização

da energia para manutenção, ganho, gestação, lactação e pêlo ou lã, respectivamente.

Embora o método de estimativa de exigências seja o mesmo para a maioria dos sistemas, nem sempre os valores preconizados são semelhantes, uma vez que estes possuem diferenças nas suas abordagens, adotando diferentes critérios e correções para a determinação das suas equações, como pode ser visto na Tabela 3, em que está apresentado o resumo feito por Cannas et al. (2007) sobre as correções adotadas por diferentes sistemas para a estimativa das exigências de energia para manutenção.

Tabela 3. Correções aplicadas nas estimativas de exigências de energia para manutenção por diferentes sistemas de alimentação para caprinos e ovinos

	Ovinos		Caprinos	
	CNCPS-S ^a	INRA ^b	AFRC ^c	IGR ^d
Raça	não	não	não	Corte, leite, nativo, Angorá
Sexo	sim	não	não	sim
Idade	sim	não	não	sim
Atividade em pastejo	sim	sim	sim	sim
Estresse por frio	sim	não	não	não
Temperatura	sim	não	não	não
Chuva	sim	não	não	não
Aclimação	sim	não	não	sim
Comprimento de fibra/lã	sim	não	não	não
Reservas corporais	não	não	não	sim
Custo excreção uréia	sim	não	não	não
Produção	0,09 IEM	não	não	não

Adaptado de Cannas et al., 2007; ^a Cannas et al., 2004; ^b INRA, 1988; ^c AFRC, 1998; ^d Sahlú et al., 2004

Exigências de manutenção

O ARC (1980) definiu as exigências de manutenção de um animal como quantidades de nutrientes ou energia necessários para que os processos vitais do seu corpo permaneçam normais, de forma prática poderia ser contemplada quando um animal não estará sofrendo alterações na sua composição corporal. Entre os fatores que influenciam as exigências de manutenção destacam-se: peso corporal, raça, sexo, idade, condição fisiológica, nível de produção, nível nutricional, condições ambientais, estresse, exercício.

Exigência de energia para manutenção

A exigência de energia para manutenção é tida como o consumo de oxigênio do corpo, sendo a metade dessas necessidades utilizada pelas paredes do trato gastrointestinal e fígado para absorção e metabolismos de nutrientes digeridos, um terço pela pele, rins e tecido nervoso e o restante para as atividades musculares básicas (Seal e Reynolds, 1993). Variações no nível de atividades desses tecidos em função do genótipo, idade, estado fisiológico, nível de alimentação, secreção de uréia e condições ambientais modificam os requerimentos de energia para manutenção.

Muitas vezes as estimativas de exigências preconizadas para caprinos e ovinos são extrapoladas de bovinos, entretanto tem sido relatado na literatura que existem diferenças entre estas espécies. Existem inúmeras razões que sustentam as suspeitas dessas divergências, tais como tamanho de órgãos, taxa metabólica, composição corporal, entre outras. Assim, animais onde o maior depósito de gordura encontra-se nos componentes não-carcaça (região interna) apresentam maior exigência de manutenção em relação a animais com maior depósito de gordura externa (Véras et al., 2001). Baseado nisso, suspeita-se que as exigências dos caprinos sejam maiores que as de ovinos e bovinos. Segundo o AFRC (1998) as exigências de manutenção para caprinos, com base no peso metabólico, são maiores que para ovinos e similares a bovinos, concluindo que isto deve ser devido ao maior metabolismo basal dos caprinos e bovinos, comparados aos ovinos. Por outro lado, Sahlú et al. (2004) indicaram que a exigência de EM_m para ovinos pode ser utilizada para caprinos, o que está de acordo com o CSIRO (1990). No entanto, o CSIRO (2007) apontou uma correção na equação geral de estimativa EM_m para bovinos *Bos Taurus* e *Bos indicus*, não considerando diferenças entre caprinos e ovinos (Eq. 3)

Com respeito a raças, parte das diferenças nas exigências de manutenção é explicada pela diferença no tamanho dos órgãos. A energia gasta pelas vísceras e a energia gasta pelo tecido muscular representam respectivamente 50 e 23% do total de energia para manutenção. Isso porque os tecidos viscerais como os do

trato gastrointestinal e fígado apresentam maior “turnover” protéico que o músculo esquelético (Silva et al., 2002). Esta constatação está de acordo com os resultados encontrados de desenvolvimento de trato gastrointestinal entre cabritos Saanen e F1 Boer Saanen, onde os animais cruzados apresentaram maiores comprimentos de intestino comparados aos leiteiros (dados não publicados). Para caprinos, Sahlú et al. (2004) não encontraram diferenças entre raças específicas, entretanto conseguiu agrupá-las em grandes grupos, em função de suas aptidões (carne: $\geq 50\%$ Boer; leite: raças leiteira; nativas, e angorá), e este foi o critério adotado pelo NRC. Desta forma, este comitê preconizou valores fixos de energia metabolizável para manutenção em função do genótipo (Tabela 4). Esta foi a primeira vez que um comitê conseguiu expressar exigências de caprinos mais específicas para cada genótipo. Para ovinos, ainda não se tem recomendações específicas dos sistemas de alimentação para cada raça.

Outro fator que afeta as exigências de manutenção é a idade do animal. Em geral, os sistemas de alimentação utilizam a correção para idade preconizada pelo CSIRO (1990), a qual utiliza a expressão exponencial, $\exp(-0.03 \times ID_a; \text{Eq. 3-5})$. Esta correção baseou-se na constatação de que o metabolismo em jejum decresce com a idade em uma taxa de 8% ao ano, chegando a estabilização aos seis anos de idade. Assim sendo, aos seis anos o metabolismo basal será 16% do valor inicial.

Devido as diferenças na composição corporal em função do sexo dos animais, normalmente são utilizadas correções para a condição sexual, sendo que é considerado que os machos inteiros apresentam metabolismo basal 15% maior que as fêmeas e castrados, como pode ser visualizado nas equações 3, 4 e 5 (CNCPS-S, 2004; NRC, 2006; CSIRO, 2007).

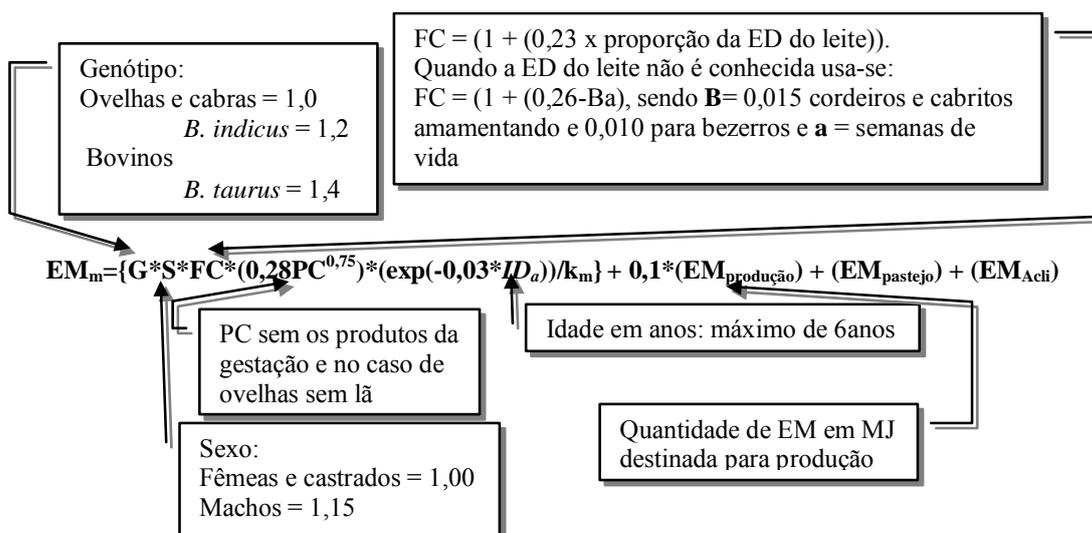
Também tem sido observado influência do nível de consumo nas exigências de EM_m , a qual é em função da taxa de metabolismos dos órgãos e tecidos, devido as alterações no fluxo sanguíneo, oxigenação do fígado, transferência dos nutrientes do lúmen do intestino, turnover de proteína, transporte de íons de sódio-potássio e outros processos vitais (CSIRO, 2007). As respostas provenientes de mudanças no plano nutricional são muito lentas, sendo necessárias no mínimo três semanas para que elas possam ser

observadas. Estas alterações são relacionadas ao escore corporal, o qual avalia a composição de gordura do corpo animal, em função de índices que variam de 0 a 5, sendo o zero um animal extremamente magro e 5 um animal obeso.

Tabela 4. Valores preconizados de energia metabolizável para caprinos em manutenção pelo NRC (2006)

Fase	Genótipo	Gênero	Kcal/kg de PCJ
Aleitamento		Macho	125
		Fêmea	107
Crescimento	Carne e nativa	Macho	126
		Fêmeas e castrados	108
	Leiteira	Macho	149
		Fêmeas e castrados	128
		Macho	128
		Fêmeas e castrados	110
Adultos	Carne e nativa	Macho	116
		Fêmeas	101
	Leiteiro	Macho	138
		Fêmeas	120
Angorá	Macho	130	
	Fêmeas	113	

O NRC (1981; 1985), INRA (1988) e AFRC (1998) não consideraram em seus cálculos o efeito do nível de ingestão na estimativa de EM_m . Já o NRC (2000) estimou, para bovinos de corte, um decréscimo de 20% nas exigências de EM_m durante o tempo em que os animais estão submetidos a um baixo plano nutricional e que mesmo após mudança para plano alimentar mais elevado observa-se efeito da baixa nutrição sobre os valores de EM_m , por 2 a 3 meses. Para avaliar a severidade do plano nutricional, este comitê utilizou o escore corporal (EC) e % menor para animais com EC 1 comparados a aqueles com EC 5. Baseado nessas recomendações, Sahlú et al. (2004) utilizou as mesmas correções para caprinos, sendo estas adotadas pelo NRC para esta espécie (Eq. 6). Entretanto para ovinos o NRC não faz este tipo de correção. Assim como, o CSIRO que não considerou o efeito do plano nutricional sobre as exigências de manutenção.



Equação 3. Equação de predição das exigências de energia metabolizável para manutenção, preconizada pelo CSIRO (2007), quando a produção do animal é levada em consideração. O termo $0,1 * (EM_{produção})$ é referente a acréscimo de 10% devido aos custos relacionados aos processos produtivos. Entretanto, esse termo não pode ser utilizado para gestação porque a eficiência de EM para gestação (k_{ges}) já inclui o metabolismo materno.

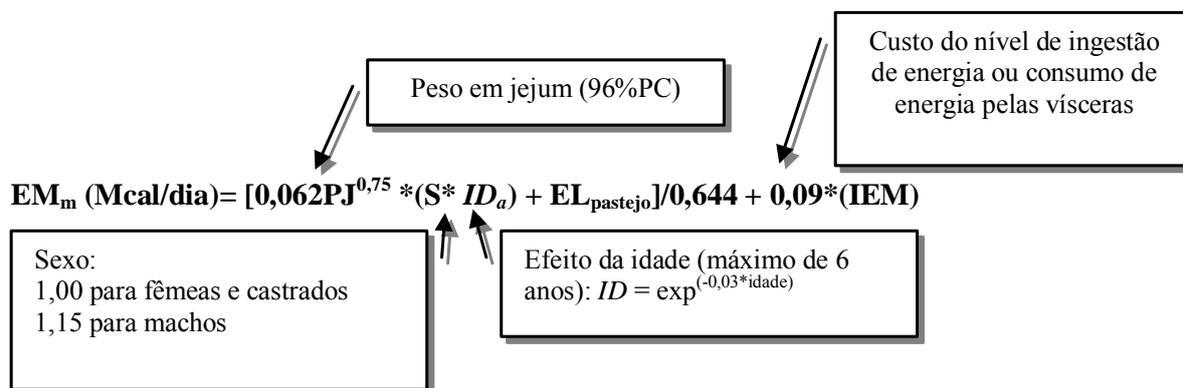
Quando a quantidade de ingestão de EM é conhecida e o desempenho animal é predito, o CSIRO (2007) preconiza a equação abaixo descrita.

$EM_m = \{G * S * FC * (0,26PC^{0,75}) * (\exp(-0,03 * ID_a)) / k_m\} + 0,09 * (IEM) + (EM_{pastejo}) + (EM_{Acli})$

↑↑

Ingestão de EM em MJ

Equação 4 Equação de predição das exigências de energia metabolizável para manutenção, preconizada pelo CSIRO (2007), quando o nível de ingestão é conhecido. No caso da utilização dessa equação, a produção será estimada pela diferença entre a ingestão de EM e a energia necessária para manutenção multiplicada pela eficiência de utilização: $[(IEM - EM_m) * (k_g \text{ ou } k_l)]$.



Equação 5 Equação de predição das exigências de energia metabolizável para manutenção, preconizada pelo CNCP-S (2004) e adotada pelo NRC (2006) para ovinos.

$$FC = 0,68305 + (0,093975*EC) + (0,022850*R) + (0,0031006*EC^2) + (0,000065720*R^2) - (0,0053890*EC*R) - (0,000054958*EC*R^2) + (0,0037706*R*EC^2) - (0,0012983*EC*R*EC^2) - (0,0000013703*EC*R*R^2) + (0,0000008396*EC*R*EC^2*R^2).$$

Equação 6 Fator de correção para energia de manutenção com base no peso metabólico utilizado pelo NRC (2006) em função do tempo quando o animal for submetido a um regime de alimentação limitante ou não e em função do escore corporal (escala de 1 a 5).

Os mamíferos dissipam calor por evaporação, radiação, convecção e condução com o objetivo de manter

constante a temperatura corporal, que no caso dos ruminantes é em torno de 39°C. As mudanças adaptativas em resposta as condições ambientais são denominadas aclimatação. Os sistemas de alimentação mais atuais utilizam fatores de correção para aclimatação. O NRC assumiu para calcular os requerimentos de energia de manutenção que os animais se encontravam na temperatura de conforto (20°C), se os animais estiverem submetidos a temperatura diferentes desta é recomendado o ajuste conforme a equação 7, a qual foi adaptada do CSIRO (1990) e NRC (2000), sendo o k_m de 0,644 preconizado para ovinos e de 0,70 caprinos.

$$ME \text{ (Mcal/d)} = ((0,00293*(20-T_p))*0,322MJ/PC^{0,75})/(0,644*0,239)$$

Equação 7 Equação de ajuste para aclimatação, preconizada pelo NRC (2006).

O CSIRO recomenda o ajuste para aclimatação não somente peso corporal e da temperatura, mas

também leva em consideração a idade do animal (Equação 8).

$$EM_m = [(1 + 0,0091*(20-T_p)*(0,28*PC^{0,75} * \exp(-0,03ID_a))] / k_m$$

Equação 8 Equação de ajuste para aclimatação, preconizada pelo CSIRO (2007).

Utilizando a equação proposta pelo NRC para ajuste de aclimatação, pode observar que as exigências de energia metabolizável para manutenção de uma ovelha com 50 kg de peso corporal mantida a 15, 25 e 30°C serão ajustadas em +0,576; -0,576 e -1,153 Mcal de EM. Utilizando a equação preconizada pelo CSIRO para essas mesmas situações encontram-se as correções de + 0,365; -0,365 e -0,730 Mcal. Comparando os dois sistemas, o peso da aclimatação sobre as exigências de EM_m preconizada pelo NRC é 36,6% maior que os valores adotados pelo CSIRO.

Infelizmente na literatura nacional, poucos são os trabalhos que atentaram para o controle do ambiente

experimental, dificultando uma pré-avaliação desse ajuste para as nossas condições, desta maneira é necessária a avaliação de animais em diferentes condições climáticas, seja em pastejo ou confinados.

Outro aspecto que também tem sido levado em consideração para ajustes nas estimativas das exigências de energia metabolizável para manutenção é a atividade do animal. Desta forma, conhecendo que os caprinos são animais mais ativos que bovinos e ovinos, espera-se maior perda de energia com atividade, para aquela espécie (Sahlu et al., 2004). No entanto, pouca atenção tem sido dada sobre a perda de calor devido à atividade para ruminantes tanto em confinamento como em pastejo.

Para animais pastejando, Cannas (2004) utilizou indicação do ARC (1980), a qual leva em consideração

o deslocamento horizontal e vertical dos animais (Equação 9).

$$EM_{atividade} = 0,00062PC * DH + 0,00669PC * DV$$

DH= distância horizontal em km e
DV=distância vertical em km

Equação 9. Equação de ajuste para atividade preconizada por Cannas et al. (2004), para animais em pastejo.

Para estimar o custo de energia com atividade de animais em pastejo o NRC recomendou ajustes em função do tempo de pastejo (TP; Tabela 5.a), da digestibilidade da matéria orgânica do pasto (DO; Tabela 5.b), da distância percorrida (DP; Tabela 5.c) e da inclinação do terreno (In; Tabela 5.d). Desta forma, encontra-se o fator de correção FC_{atv} , o qual deverá multiplicar a EM_m estimada para animais em confinamento (Eq. 10).

Baseado nos dados apresentados na Tabela 3, um animal consumindo uma forragem com digestibilidade acima de 60%, percorrendo distâncias abaixo de 5 km e em um terreno com inclinação abaixo de 3, terá suas exigências de EM_m diminuídas em função do fator de correção encontrado.

Tabela 5. Energia metabolizável (Mcal) utilizadas para corrigir a EM_m em relação ao valor de energia metabolizável de manutenção para animais confinados, conforme o tempo de pastejo (TP; 5.a), a digestibilidade da matéria orgânica do pasto (DO; 5.b), a distância percorrida (DP; 5.c) e a inclinação do terreno (In; 5.c).

5.a)

Tempo de pastejo (h)	EM (Mcal)
4	0,05
5	0,10
6	0,15
7	0,20
8	0,25
9	0,30
10	0,35
11	0,40
12	0,45
13	0,50

5.b)

Digestibilidade da matéria orgânica (%)	EM (Mcal)
40	1,20
45	1,15
50	1,10
55	1,05
60	1,00
65	0,95
70	0,90
75	0,85

5.c)

Distância percorrida (km)	EM (Mcal)
2	0,85
3	0,90
4	0,95
5	1,00
6	1,05
7	1,10
8	1,15
9	1,20
10	1,25
11	1,30
12	1,35
13	1,40
14	1,45
15	1,50

5.d)

Inclinação do terreno (1 a 5)	EM (Mcal)
1	0,90
2	0,95
3	1,00
4	1,10
5	1,20

Equação 10. Equação de ajuste para atividade para animais em pastejo, preconizada pelo NRC (2006).

O CSIRO leva em consideração a distância horizontal percorrida, relação entre a intensidade de pastejo utilizada e o potencial da pastagem, a disponibilidade de forragem, nº de animais por hectare e a inclinação do terreno (Eq. 11).

No Brasil, têm sido realizados estudos avaliando o comportamento de animais em pastejo, os quais observaram que os animais aumentaram suas atividades de pastejo com a redução da qualidade da pastagem sem, contudo elevar o consumo (Pedroso et al. 2004; Tabela 6). O que está de acordo com o ajuste preconizado pelo NRC (2006) e CSIRO (2007), mostrando assim que estas informações são de grande importância nos estudos de exigências nutricionais.

$$EM_{\text{pastejo}} = [0,02\text{CMS}*(0,9\text{-Digestibilidade}) + 0,0026\text{DH}]*\text{PC}/k_m$$

$\text{Distancia horizontal percorrida (km)} = T \{ (\min(1, [(n^\circ \text{ atual de animal/ha}) / (\text{limite de animais/ha})] / [(0,05 * \text{DF} + 0,16) + \text{DO}]) \}$
 onde DF= disponibilidade de forragem em t MS/ha (se DF < 0,1 t/ha, utiliza-se o total do peso da forragem em vez de DF);
 DO= distância do pasto até a sala de ordenha em km; T=

Equação 11 Equação de ajuste para atividade para animais em pastejo, preconizada pelo CSIRO (2007).

Exigência de proteína para manutenção

A exigência de proteína para manutenção é a quantidade de proteína necessária para repor as perdas de nitrogênio na urina, fezes, descamação da pele. Esta não coincide com a exigência de energia para manutenção, pois mesmo quando a retenção de energia é zero ainda ocorre balanço positivo de nitrogênio no animal (CSIRO, 2007).

Tabela 6: Comportamento ingestivo de ovelhas pastejando azevém, em diferentes estádios fenológicos

Estádio fenológico	Tempo de pastejo (horas)	Consumo de forragem (%PC)
Vegetativo	9,61 a	4,48 a
Pré-florescimento	10,97 b	3,91 b
Florescimento	10,68 b	2,72 c

Valores com letras iguais na mesma coluna não diferem entre si pelo teste DMS a 5% de significância.

Adaptado de PEDROSO et al. (2004)

Das exigências protéicas para manutenção, crescimento, gestação e lactação em ruminantes, de 60 a 85% é atendida pela proteína microbiana sintetizada no rúmen (Timmermans Jr. et al., 2000), sendo o restante, atendida pela proteína dietética não degradada no rúmen digerida no intestino (Paulino et al., 1999), por esta razão, na determinação das exigências de proteína metabolizável se faz necessário, além da estimativa da produção fecal, o conhecimento do volume urinário, da digestibilidade e degradabilidade do alimento. Cada sistema de alimentação possui uma forma específica para estimar a proteína metabolizável, as quais não serão abordadas em detalhes neste texto.

© 2008 Sociedade Brasileira de Zootecnia

Perdas de nitrogênio endógeno urinário (NUE)

O nitrogênio endógeno urinário é a quantidade mínima de nitrogênio excretada na urina, que é proveniente da oxidação dos aminoácidos e do custo da manutenção associado à reciclagem de nitrogênio. Este inclui uréia, creatinina, bilirubina, alantoína, ácido úrico, ácido hipúrico e aminoácido 3 metil-histidina (CSIRO, 1990). As perdas de NUE são consideradas menores que as perdas de nitrogênio metabólico fecal.

O CSIRO preconiza para ovinos e caprinos a equação (Eq. 12) recomendada para ovinos pelo ARC (1980), a qual leva em consideração o peso corporal. Esta mesma equação foi preconizada pelo NRC para ovinos.

$$\text{NUE g/d} = 0,147\text{PC} + 3,375 \quad \text{Eq. 12}$$

Para caprinos, o NRC recomendou o valor médio de **1,031 g/PC^{0,75}** de NUE, conforme o que foi preconizado por Sahlú et al. (2004).

Perdas de nitrogênio metabólico fecal (NFE)

O nitrogênio metabólico fecal inclui perdas enzimáticas e das células epiteliais, células de microorganismos ruminantes e intestinais, as quais também contribuem para proteína bruta fecal, entretanto não são perdas endógenas verdadeiras.

Os sistemas de alimentação estimam a perda de nitrogênio metabólico fecal em função de consumo de matéria seca. Para caprinos, Sahlú et al. (2004) recomendaram **26,7 g/kg CMS/d de NFE**, que foi o valor adotado pelo NRC para esta espécie. Para ovinos o valor recomendado pelo NRC e CSIRO foi de **15,2 g/kg CMS/d de NFE**.

Perdas de nitrogênio por descamação da pele (NDP)

As perdas de nitrogênio por descamação da pele normalmente são estimados em função do peso corporal. Sendo que de maneira geral o valor recomendado é **0,2 g/kg PC^{0,6} de NDP** (NRC, 2006).

Desta forma, as exigências de proteína líquida para manutenção (PL_m) será estimada a partir do somatório do nitrogênio perdido na urina, fezes e descamação da pele. E para estimativa da PM_m deve-se dividir a PL_m pela eficiência de utilização da proteína, que segundo o NRC é de 0,67 para perdas fecais e urinárias e 0,60 para perdas na pele.

Exigências para ganho

As proporções entre os diferentes tecidos do corpo animal alteram continuamente desde o nascimento até alcançar o seu potencial máximo de crescimento (Silva Sobrinho et al., 2002), que é determinado pela constituição genética (Rosa et al., 2002). A velocidade e intensidade dessas alterações dependem da nutrição (Yáñez et al., 2006), do peso corporal (Tahir et al., 1994), da raça (Sen et al., 2004) e suas interações (Forrest et al., 1979). O conhecimento do desenvolvimento dos tecidos, quanto aos valores e seqüência de deposição no corpo do animal, é fundamental para o entendimento de suas necessidades nutricionais. Também, os valores relativos a proporção de gordura e proteína por unidade de ganho no corpo varia conforme a raça, sexo, idade do animal e taxa de ganho ou perda de peso (CSIRO, 2007). Assim, devem-se levar em consideração as mudanças no custo de energia para deposição de gordura e proteína, e as taxas de deposição destes tecidos, em diferentes idade e peso animal.

O CNCPS-S, NRC e CSIRO predizem os valores de composição do ganho em função da taxa de maturidade, que expressa a relação entre o peso corporal atual e o peso corporal à maturidade (máximo de 1). Este peso à maturidade ou peso padrão, representa o peso médio dos animais com esqueleto completamente desenvolvido e com escore corporal 2,5 para caprinos e 2,8 a 3,0 para ovinos, estimado numa escala de 0 a 5. Sendo que para ovinos, este animal padrão deve, ainda, conter 25% de gordura no corpo vazio (CNCPS-S, 2004; NRC, 2006).

As estimativas da composição do ganho obtidas através de equações demonstram que o ajuste para a

taxa de ganho decresce com o aumento da maturidade. Isso está de acordo com o esperado, pois o ganho em animais maduros apresenta maior proporção de tecido adiposo do que em animais jovens, e o custo energético é maior para a deposição de gordura. Ainda, a unidade de ganho é expressa em massa de tecido com base no peso de corpo vazio. Tendo em vista a importância do peso a maturidade do animal nas exigências para ganho, é necessário o conhecimento do peso à maturidade dos caprinos e ovinos criados no Brasil, considerando raça, idade, sexo e taxa de ganho.

O CSIRO estimou o ganho de proteína, gordura e energia no corpo vazio para animais em crescimento (Eq. 13-14), para gordura e proteína, respectivamente) levando em consideração o consumo como múltiplo da manutenção (L) e para animais adultos por diferentes equações (Eq. 15-19), as quais levam em consideração diferentes variáveis, tais como, L (Eq. 15), escore corporal (Eq.16-18) e peso a maturidade do animal (Eq. 19).

$$\text{Gordura/kg PCV} = (1,7 + 1,1*(L - 2)) + (23,6 - 1,1*(L - 2))/(1 + e^{(-6*(PC/PPR-0,4))}) \quad \text{Eq. 13}$$

$$\text{Proteína/kg PCV} = (5 + 0,1*(L - 2)) + (3,3 - 0,1*(L - 2))/(1 + e^{(-6*(PC/PPR-0,4))}) \quad \text{Eq. 14}$$

$$\text{Proteína/kg PCV} = (212 - 4*(L - 2)) - (140 - 4*(L - 2))/(1 + e^{(-6*(PC/PCA-0,4))}) \quad \text{Eq. 15}$$

$$\text{Energia (MJ/kg PCV)} = 20,8 + 2,07*EC \quad \text{Eq. 16}$$

$$\text{Gordura (g/kg PCV)} = 455 + 63*EC \quad \text{Eq. 17}$$

$$\text{Proteína (g/kg PCV)} = 124 - 17,3*EC \quad \text{Eq. 18}$$

$$\text{Energia (MJ/kg PC)} = 0,92*(13,2 + 13,8*PC/PPR) \quad \text{Eq. 19}$$

Para ganho em peso, o NRC recomenda valores de **0,404 g de proteína/g de ganho em peso** para caprinos de corte, **0,281 g de proteína/g de ganho em peso** para caprinos Angorá e **0,29 g de proteína/g de ganho em peso** para caprinos leiteiros e nativos.

O CNCPS-S para prever a concentração de proteína e energia no corpo utilizou as recomendações propostas por Garrett (1987) citada no CSIRO (1990), que estima as exigências em função de um conjunto de fatores, como por exemplo, o ganho de peso e o consumo de MS (Eq. 20-21).

$$EM_g = \{GPD(kg) * [27 / (1 + \exp^{-6 * (PC/PPR)^{0,4}})] * 0,239\} * 0,92 / k_g \quad \text{Eq. 20}$$

Em que $k_g = \{[1,42 * (Mcal/MS)] - [0,174 * (Mcal/MS)^2] + [0,0122 * (Mcal/MS)^3] - 1,65\} / Mcal/MS$

$$PM_g = \{[0,256 - (0,0067 * EM_g \text{ em Mcal} * 4,184)] * GDP * 0,92\} / 0,7 \quad \text{Eq.21}$$

O NRC utilizou as equações acima citadas (Eq. 20-21) para estimar as exigências de proteína e energia metabolizável para ganho em ovinos.

Para ovelhas adultas não gestantes o NRC, baseado no CNCPS-S, estimou a proteína líquida para ganho (PL_g) baseada no ganho de peso diário (GPD) e a proteína depositada no corpo durante um dado período (CMP; Eq. 22). E para estimar a Proteína metabolizável para ganho levou em consideração a eficiência de utilização de 0,7 (Eq. 23).

$$PL_g = GPD * CMP \quad \text{Eq.22}$$

Em que, $CMP = \{[0,1449 + (0,0279 * EC_{inicial}) - (0,0039 * EC_{inicial}^2)] - [0,1449 + (0,0279 * EC_{final}) - (0,0039 * EC_{final}^2)]\} / \{[0,8514 * 0,96 * PCV_{final}] - [0,8514 * 0,96 * PCV_{inicial}]\}$

$$PM_g = PL_g / 0,7 \quad \text{Eq.23}$$

Devido a maior quantidade de dados disponíveis para ovinos, a maioria dos sistemas de alimentação apresenta equações mais completas para esta espécie quando comparada a espécie caprina, as quais levam em consideração vários aspectos que biologicamente são conhecidos por influenciar nas exigências nutricionais para ganho, tais como, deposição de proteína e gordura, taxa de ganho, entre outros. Este fato mostra a

necessidade da realização de mais estudos com a espécie caprina.

Exigências de gestação

No estudo das exigências de gestação, deve-se levar em consideração não apenas as necessidades do útero grávido mais também do corpo materno, visto que ocorrem mudanças nas quantidades de nutrientes e de energia necessárias para que os processos vitais da fêmea permaneçam normais ao longo da gestação. Assim, de acordo com o ARC (1984), para se obter a exigência de energia metabolizável para gestação é necessário conhecer além da energia metabolizável para manutenção, que irá incluir o incremento na produção de calor devido a gestação, o crescimento e a energia depositada no útero grávido e no úbere, atentando que este último não deve ser negligenciado, pois ocorrem modificações, devido a sua preparação para início de secreção láctea. Os critérios seguidos para determinação das exigências de energia para gestação devem também ser levados em consideração para os outros nutrientes.

Vários modelos têm sido testados para descrever as taxas de acréscimo de energia e nutrientes durante o crescimento fetal e produtos do útero grávido, entretanto o mais aceito é a equação de Gompertz, a qual estima energia e nutrientes depositados em função da idade gestacional (Eq. 24), em que, Y é a energia depositada e "t" os dias de gestação.

$$Y = a * \exp(bt) \quad \text{Eq. 24}$$

O CSIRO adotou valores dos parâmetros utilizados no modelo de Gompertz derivados dos preconizados pelo ARC (1980), considerando para suas estimativas o peso ao nascer de cordeiro específico de 4 kg aos 147 dias de gestação. Este comitê adotou, ainda, a mesma eficiência de utilização da energia metabolizável de 0,133. Preconizada pelo ARC (1980).

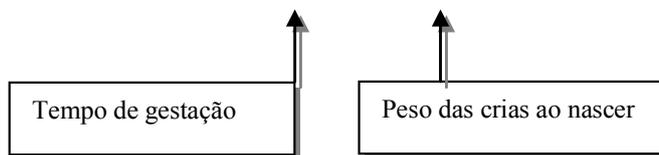
O AFRC (1998) e o INRA (1988) utilizaram valores fixos de exigências de gestação para ovelhas, para cada um dos últimos meses de prenhez.

Para estimar a proteína e energia metabolizável de todos componentes do útero grávido e da glândula mamária de ovinos, o NRC adotou as recomendações feitas por Cannas et al.(2004), que leva em consideração o tempo de gestação e peso total das crias ao nascer (Eq. 25-

26). Para caprinos, o NRC considerou os dias de gestação, número de fetos (NF) e peso das crias ao nascer para

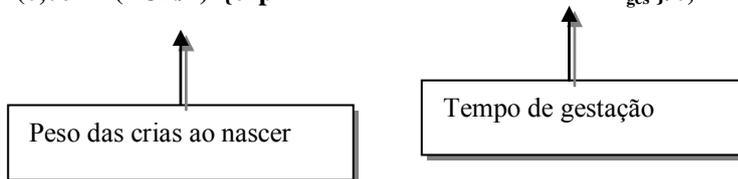
estimar a energia (Eq. 27) e proteína (Eq 28) metabolizável para gestação.

$$EM_{ges} \text{ (Mcal/dia)} = [36,9444 * \exp^{(-11,465 * e^{(-0,00643 * t)} - 0,00643 * t)} * (PCN/4)] / 0,13$$



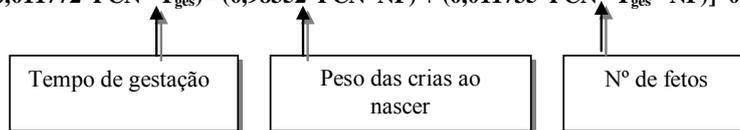
Equação 25. Equação para estimar a energia metabolizável para gestação de ovinos, conforme recomendado por Cannas et al. (2004)

$$PM_{ges} = (0,0674 * (PCN/4) * \{ \exp^{(11,347 - 11,22) * [\exp^{(-0,00601 * T_{ges})} - 0,00601 * T_{ges}]} \}) / 0,7$$



Equação 26. Equação para estimar a proteína metabolizável para gestação de ovinos, conforme recomendado por Cannas et al. (2004)

$$EM_{ges} \text{ (Mcal/dia)} = [-15,467 - (1,1439 * PCN) + (0,26316 * T_{ges}) - (0,0021667 * NF) - (0,0010963 * T_{ges}) + (0,011772 * PCN * T_{ges}) - (0,98352 * PCN * NF) + (0,011735 * PCN * T_{ges} * NF)] * 0,239$$



Equação 27. Equação para estimar a energia metabolizável para gestação de caprinos, conforme recomendado por Sahlu et al. (2004)

$$PM_{ges} \text{ (g/dia)} = [-155,62 - (8,6668 * PCN) + (2,6495 * T_{ges}) + (0,0041667 * NF) - (0,011049 * T_{ges}^2) + (0,097691 * PCN * T_{ges}) - (12,136 * PCN * NF) + (0,14631 * PCN * T_{ges} * NF)] / 0,33$$

$$PM_{ges} \text{ (g/dia)} = [-155,62 - (8,6668 * PCN) + (2,6495 * T_{ges}) + (0,0041667 * NF) - (0,011049 * T_{ges}^2) + (0,097691 * PCN * T_{ges}) - (12,136 * PCN * NF) + (0,14631 * PCN * T_{ges} * NF)] / 0,33$$

Equação 28. Equação para estimar a proteína metabolizável para gestação de caprinos, conforme recomendado por Sahlu et al. (2004), sendo PCN, Peso das crias ao nascer, T, Tempo de gestação, NF, N° de fetos.

De maneira geral, as equações dos diferentes sistemas de alimentação são semelhantes, principalmente por que foram baseadas nos poucos estudos para determinação de exigências para gestação. Esta escassez de informações com esta fase é devida a inúmeras dificuldade inerentes destes estudos.

Exigências de lactação

As exigências para lactação dizem respeito a quantidade de nutrientes e energia necessária para uma dada produção de leite, desta forma, para sua estimativa devem ser levadas em consideração a produção e a composição do leite secretado pelas fêmeas.

O período de lactação, do ponto de vista nutricional, é um dos que merece mais atenção, pois durante este período a fêmea depara com pelos menos três situações, na primeira, que normalmente ocorre nas primeiras semanas pós-parto, ela apresenta balanço energético negativo, pois a produção de leite é crescente, seu consumo ainda não atingiu o máximo potencial e desta forma normalmente ocorre mobilização de reservas corporais; na segunda, o balanço energético é igual a zero, a produção de leite já está diminuindo e a fêmea já atingiu o pico de consumo de matéria seca; e na terceira, o balanço energético é positivo, sendo que as reservas corporais são repostas. Estas fases devem ser levadas em consideração quando da estimativa das exigências nutricionais para lactação, pois as eficiências de utilização nestas três condições serão diferentes.

Entretanto nem todos os comitês apresentam equações com correções para estas situações.

O CNCPS-S estimou as exigências de energia para produção de leite em função da gordura (G), proteína verdadeira (P_v) e produção de leite em kg/dia (Y/d), considerou, ainda a mobilização dos tecidos (MT) em função de mudanças no escore corporal (EC) observadas no início e final do período de lactação em relação ao peso do corpo em jejum (PCJ; Eq. 29).

As exigências de proteína para ovelhas em lactação, segundo o NRC, levam em consideração além das equações proposta para ovelhas não gestantes ($PM_{total} = PM_m + PM_{gest}$), a mobilização dos tecidos durante o início da lactação (Eq. 30), adotando a eficiência de utilização para proteína de 0,8 (Eq. 31).

$$EL_l = [251,73 + (89,64 * \%Gord) + (37,85 * (P_v / 0,95))] * 0,001 * (P_{leite}) - [(PCJ_{inic} - PCJ_{fin}) * MT]$$

Mobilização dos tecidos (MT) = massa gordurosa mobilizada (MGM) + massa protéica mobilizada (MPM) em que:
 $MGM = \{ [0,0269 + (0,0869 * EC_{inic})] * PCJ_{inic} - [0,0269 + (0,0869 * EC_{fin})] * PCJ_{fin} \} * 9,4$
 $MPM = \{ [0,1449 + (0,0279 * EC_{inic}) - (0,0039 * EC_{inic}^2)] * PCJ_{ini} - [0,1449 + (0,0279 * EC_{fin}) - (0,0039 * EC_{fin}^2)] * PCJ_{fin} \} * 5,7$

Equação 29. Equação para estimar a Energia líquida para lactação de ovinos, conforme recomendado por Cannas et al. (2004).

$$PM_t = GPD * CMP * (-1) \quad \text{Eq. 30}$$

Em que: PM_t = Proteína mobilizada do tecido usada para lactação quando o peso diário é negativo

$$P_{leite} = (PM_t) * 0,8 \quad \text{Eq. 31}$$

Em que: P_{leite} = Proteína do leite proveniente do PM_t

Um aspecto que merece ser comentado é que a eficiência de utilização de proteína metabolizável para síntese de proteína do leite, adotado pelo CNCPS-S é menor (0,58; Eq. 32) do que a maioria dos outros comitês utiliza para caprinos e ovinos, esta correção foi

feita devido a consideração quanto ao uso de aminoácidos sulfurosos para a produção de lã (Cannas et al., 2004).

$$PM_{lactação} = \{ [10 * (kg \text{ de leite}) * (\% \text{ Proteína do leite})] - (P_{leite}) \} / 0,58 \quad \text{Eq. 32}$$

Para as exigências de energia e proteína metabolizável para cabras em lactação, o NRC preconizou valores fixos de 1,25 Mcal/kg de leite com 4% de gordura no leite e 1,45 g proteína/g de proteína metabolizável para síntese de proteína do leite.

O CSIRO estimou a energia do leite considerando apenas o teor de gordura e dias de lactação (Eq. 33). E para obtenção da energia metabolizável este comitê utilizou valores de eficiência de utilização (K_I) em função da concentração de energia da dieta (Eq. 34). Para a exigência de proteína para ovelhas lactantes, o CSIRO adotou o valor fixo de **45 g/kg de leite produzido**.

$$EL_{\text{lactação}} = 0,0328 \text{ Gord} + 0,0025 T_1 + 2,203 \quad \text{Eq. 33}$$

$$K_I = 0,02 * EM \text{ (MJ /kg MS)} + 0,4 \quad \text{Eq. 34}$$

Para caprinos, o CSIRO estimou as exigências de energia líquida baseado apenas no teor de gordura do leite (Eq. 35) e considerou que a quantidade de energia e gordura do leite de cabra é similar ao leite de vaca. Este comitê fez a ressalva que somente não utilizou para caprinos a equação para estimativa de EL_I proposta para bovinos devido a escassez de informações acerca dos teores de proteína e lactose no leite de cabra. Para a exigência de lactação em proteína para caprinos, o CSIRO adotou o valor fixo de **32 g/kg de leite produzido**, que coincide com o adotado para bovinos por este comitê. Esta consideração foi feita devido ao fato que Sahlu et al. (2004) consideraram que a concentração de proteína no leite de cabra é similar ao de leite de vaca.

$$EL_I = 0,0492 * \text{Gord} + 1,309 \quad \text{Eq. 35}$$

Apesar da aparente facilidade da determinação das exigências para lactação, esta área ainda apresenta muitas lacunas, pois os nem todos os pesquisadores que trabalham com fêmeas lactantes apresentam todas as informações necessárias sobre plano nutricional, composição do leite e condição e composição corporal das fêmeas, que os dados necessários para o desenvolvimento de modelos.

Considerações Finais

Os sistemas avaliados neste artigo apresentaram grandes avanços quando comparados aos tradicionalmente utilizados, como por exemplo o NRC

(1981, 1985), INRA (1988) e AFRC (1993, 1998) que apresentavam abordagens simplificadas, e muitas vezes baseadas em dados provenientes de bovinos.

Dentre os sistemas avaliados o NRC pode ser considerado mais moderno e completo, pois permite correções para vários fatores que conhecidamente afetam as exigências nutricionais dos animais, e suas equações são mais flexíveis, permitindo o ajuste quanto a qualidade da ração. No caso específico de caprinos, este comitê é o único que faz a predição para diferentes genótipos, entretanto apresenta a limitação de considerar as exigências de crescimento constantes independente do peso corporal, peso maturidade relativo e sexo.

O CSIRO, por sua vez, deu grande ênfase as estimativas para animais em pastejo, uma vez que o pasto é um recurso bastante utilizado na Austrália, país em que foi este sistema foi desenvolvido. Este fato deve ser ponderado quando da sua aplicação no Brasil. Uma limitação deste sistema é a não consideração do genótipo em suas estimativas.

Pode-se observar que nos últimos anos aconteceram vários avanços acerca das exigências nutricionais para pequenos ruminantes, entretanto de maneira geral os modelos para ovinos são bem menos empíricos e mais flexíveis que aqueles para caprinos. Isto é devido a escassez de informações sobre a espécie caprina quando comparada a ovina. Para um futuro próximo vislumbra-se maiores progressos na construção de modelos específicos para pequenos ruminantes, que levem em consideração os aspectos que biologicamente são conhecidos por influenciarem as necessidades nutricionais para cada função fisiológica.

Contínuos estudos para estimativa das exigências nutricionais dos pequenos ruminantes são necessários, pois estas informações são de primordial importância para o planejamento nutricional dos animais.

Referências bibliográficas

- AGRICULTURAL AND FOOD RESEARCH COUNCIL – AFRC. Energy and protein requirements of ruminants. 1993, 158p.
- AGRICULTURAL AND FOOD RESEARCH COUNCIL – AFRC. The nutrition of goats. 1998, 116p.
- AGRICULTURAL RESEARCH COUNCIL - ARC. 1980. The nutrient requirements of ruminant livestock. London: Commonwealth Agricultural Bureaux. 351p.

- AGRICULTURAL RESEARCH COUNCIL - ARC. Report of the Protein Group of the Agricultural Research Council Working Party on the Nutrient Requirements of Ruminants. The Nutrient Requirements of Ruminant Livestock (Suppl. 1). Commonwealth Agricultural Bureaux, Farnham Royal, UK. 1984.
- BRODY, S. Bioenergetics and Growth. New York, Rheinhold Publishing. 1023p.
- CANNAS A.; TEDESCHI, L.O; FOX, D.G. et al. A mechanistic model for predicting the nutrient requirements and feed biological values for sheep. *Journal Animal Science*, v.82, p149-169, 2004.
- CANNAS, A. ; Atzori, A. S. ; Boe, F. ; TEIXEIRA, Izabelle Auxiliadora Molina de Almeida . Energy and protein requirements of goats. In: Cannas, A.; Pulina, G.. (Org.). Dairy goat , feeding and nutrition. 1 ed. Wallingford: CAB international, v. 1, p. 118-146, 2007.
- COMMONWEALTH SCIENTIFIC AND INDUSTRIAL RESEARCH ORGANISATION - CSIRO PUBLISHING. Nutrient requirements of domesticated ruminants. Collingwood, Australia. 2007. 270p.
- COMMONWEALTH SCIENTIFIC AND INDUSTRIAL RESEARCH ORGANISATION – CSIRO PUBLISHING, Standing Committee on Agriculture, Ruminants Subcommittee, 1990. Feeding standards for Australian livestock. Ruminants. Ed. CSIRO Publications, East Melbourne, Australia, 1990.
- COSTA, M.A.L.; VALADARES FILHO, S.C.; VALADARES, R.F.D. et al. Validação das Equações do NRC (2001) para Predição do Valor Energético de Alimentos nas Condições Brasileiras. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.34, n.1.,p.280-287, 2005.
- FORREST, P.D.; ABERLE, E.D.; HENDRICK, H.B. et al. Fundamentos de ciência de la carne. Zaragoza:Acribia, 1979. 364p.
- INRA. Ruminant nutrition. Recommended allowances and feed tables. Ed. R. Jarrige. IRA, Paris, France, 1989.
- INRA .Alimentation des bovins, ovins et caprins, INRA (ed.), Paris, França, 1988, 471pp.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Produção agrícola municipal (PAM): quantidade produzida. <http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/lestable.asp?c=1613&z=t&o=11>. Acesso em: 14/06/2008.
- LUO, J; GOETSCH, A.L; MOORE, J.E et al. Prediction of endogenous urinary nitrogen of goats. *Small Ruminant Research* , v 53, p 293-308, 2004a.
- LUO, J; GOETSCH, A.L; NSAHLAI, I.V et al. Maintenance energy requirements of goats: predictions based on observations of heat and recovered energy. *Small Ruminant Research*, v 53, p221-230, 2004b.
- LUO, J; GOETSCH, A.L; NSAHLAI, I.V et al. Metabolizable protein requirements for maintenance and gain of growing goats. *Small Ruminant Research* , v 53, p 309-326, 2004c.
- LUO, J; GOETSCH, A.L; NSAHLAI, I.V et al. Prediction of metabolizable energy and protein requirements for maintenance, gain and fiber growth of Angora goats. *Small Ruminant Research* , v 53, p 339-356, 2004d.
- LUO, J; GOETSCH, A.L; NSAHLAI, I.V et al. Voluntary feed intake by lactating, Angora, growing and mature goats. *Small Ruminant Research*, v 53, p 357-378, 2004e.
- LUO, J; GOETSCH, A.L; SAHLU, T. et al. Prediction of metabolizable energy requirements for maintenance and gain of preweaning, growing and mature goats *Small Ruminant Research* , v 53, p 231-252, 2004f.
- MOORE, J.E; GOETSCH, A.L; LUO, J. et al. Prediction of fecal crude protein excretion of goats. *Small Ruminant Research* , v 53, p 275-292, 2004.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. Nutrient requirements of beef cattle. 8.ed. Washington, D.C.: 2000. 234p.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. Nutrient requirements of sheep. 6.ed. Washington, D.C.: National Academy Press, 1985. 99p.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. Nutrient requirements of small ruminants. 2006, 362p.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. Subcommittee on Goat Nutrition. Nutrient requirements of goats. Washington, D.C.: National Academy of Sciences, 1981. 91p.
- NSAHLAI, I.V; GOETSCH, A.L; LUO, J. et al. Metabolizable energy requirements of lactating goats. *Small Ruminant Research* , v 53, p 253-273, 2004.
- PEDROSO, C.E.S.; MEDEIROS, R.B.; SILVA, M.A. Comportamento de ovinos em gestação e lactação sob pastejo em diferentes estádios fenológicos de azevém anual. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.33, n.5, p.1340-1344, 2004.
- ROCHA JR., V.R.; VALADARES FILHO, S.C.; BORGES, A.M. et al. Estimativa do valor energético e validação das equações propostas pelo NRC(2001). *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.32, n.2, p.480-490, 2003.
- ROSA, G.T.; PIRES, C.C.; SILVA, J.H.S. Crescimento de osso, músculo e gordura dos cortes da carcaça de cordeiros e cordeiras em diferentes métodos de alimentação. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.31, n.6, p.2283-2289, 2002.
- SAHLU, T.; FERNANDEZ J.M.; JIA Z.H. et al. Effect of source and amount of protein on milk production in dairy goats. *Journal of Dairy Science*, v.76, p.2701-2710, 1993.
- SAHLU, T.; GOETSCH, A.L.; LUO, J. et al. Nutrient requirements of goats: developed equations, other considerations and future research to improve them. *Small Ruminant Research*, v.53, p.191-219, 2004a.
- SAHLU, T; GOETSCH, A.L; LUO, J. et al. Nutrient requirements of goats: developed equations, other considerations and future research to improve them, *Small Ruminant Research* , v 53, p 91-219, 2004b.
- SEAL , C. J.; REYNOLDS,C. K. . Nutritional implications of gastrointestinal and liver metabolism in ruminants. *Nutr Res Rev* . v.6, p.185-208, 1993.
- SEN, A.R; SANTRA, A.; KARIM, S.A. Carcass yield, composition and meat quality attributes of sheep and goat

- under semiarid conditions. *Meat Science*, v.66, p.757-763, 2004.
- SILVA SOBRINHO, A.G.; MACHADO, M.R.F.; GASTALDI, K.A.G. et al. Efeito da relação volumoso:concentrado e do peso ao abate sobre os componentes da perna de cordeiros Ile de France x Ideal confinados. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.31, n.2, p.1017-1023, 2002.
- SILVA, F.F.; VALADARES FILHO, S.C.; ÍTAVO, L.C. et al. Consumo, desempenho, características de carcaça e biometria do trato gastrointestinal e dos órgãos internos de novilhos nelore recebendo dietas com diferentes níveis de concentrado e proteína. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.31, n. 4, p.1849-1864, 2002.
- SILVA, J.H.V.; RODRIGUES, M.T.; CAMPOS, J. Desempenho de cabras leiteiras recebendo dietas com diferentes relações de volumoso:concentrado. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.28, n.6, p.1412-1418, 1999.
- TAHIR, M.A; AL-JASSIM, A.F.; ABDULLA, A.H.H. Influence of live weight and castration on distribution of meat, fat and bone in the carcass of goats. *Small Ruminant Research*, v.14, p.219-223, 1994.
- TAYLOR, ST. C. S. Time taken to mature in relation to mature weight for sexes, strains and species of domesticated mammals and birds. *Animal Production*. V.10, p.157-169, 1968.
- TIMMERMANS JR., S.J., JOHNSON, L.M., HARRISON, J.H. et al. 2000. Estimation of the flow of microbial nitrogen to the duodenum using milk uric acid or allantoin. *Journal of Dairy Science*, v.83, n.6, p.1286-1299.
- VÉRAS, A.S.C; VALADARES FILHO, S.C.; SILVA, J.F.C. et al. Efeito do nível de concentrado sobre o peso dos órgãos internos e do conteúdo gastrointestinal de bovinos nelore não-castrados. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.30, supl 3, p.1120-1126, 2001.
- YÁNEZ, E.A.; RESENDE, K.T.; FERREIRA, A.C.D. et al. Restrição alimentar em caprinos:rendimento, cortes comerciais e composição da carcaça. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.35, n.5, p. 2093-2100, 2006.
- PAULINO, M.F.; FONTES, C.A.A.; JORGE, A.M. et al. Composição corporal e exigências de energia e proteína para ganho de peso de bovinos de quatro raças zebuínas. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.28, n.3, p.627-633, 1999.