



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE ZOOTECNIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

ALESSANDRA PINTO DE OLIVEIRA

**META-ANÁLISE DO CONSUMO DE MATÉRIA SECA E DAS EXIGÊNCIAS
NUTRICIONAIS DE OVINOS DESLANADOS CRIADOS EM REGIÕES TROPICAIS**

FORTALEZA

2016

ALESSANDRA PINTO DE OLIVEIRA

META-ANÁLISE DO CONSUMO DE MATÉRIA SECA E DAS EXIGÊNCIAS
NUTRICIONAIS DE OVINOS DESLANADOS CRIADOS EM REGIÕES TROPICAIS

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Federal do Ceará, Universidade Federal Rural de Pernambuco e Universidade Federal da Paraíba, como requisito parcial à obtenção do título de Doutora em Zootecnia. Área de concentração: Nutrição Animal

Orientadora: Prof^ª. Dra. Elzânia Sales Pereira
Coorientador: Prof. Dr. Marcos Inácio Marcondes

FORTALEZA

2016

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- O45m Oliveira, Alessandra Pinto de.
Meta-análise do consumo de matéria seca e das exigências nutricionais de ovinos deslanados criados em regiões tropicais / Alessandra Pinto de Oliveira. – 2016.
67 f. : il.
- Tese (doutorado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Fortaleza, 2016.
Orientação: Profª. Dra. Elzânia Sales Pereira.
Coorientação: Prof. Dr. Marcos Inácio Marcondes.
1. Equações. 2. Energia. 3. Proteína. 4. Ingestão de alimentos. 5. Fibra. I. Título.

CDD 636.08

ALESSANDRA PINTO DE OLIVEIRA

META-ANÁLISE DO CONSUMO DE MATÉRIA SECA E DAS EXIGÊNCIAS
NUTRICIONAIS DE OVINOS DESLANADOS CRIADOS EM REGIÕES TROPICAIS

Tese apresentada ao Programa de pós-
Graduação em Zootecnia da Universidade
Federal do Ceará, como requisito parcial à
obtenção do título de Doutora em Zootecnia.
Área de concentração: Nutrição Animal

Aprovada em: 07/10/2016

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dra. Elzânia Sales Pereira (Orientadora)
Universidade Federal do Ceará – UFC

Prof. Dr. Marcos Inácio Marcondes (Coorientador)
Universidade Federal de Viçosa – UFV

Dr. Marcos Cláudio Pinheiro Ribeiro
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA (Sobral)

Prof. Dr. Ariosvaldo Nunes de Medeiros
Universidade Federal da Paraíba – UFPB

Profª. Dra. Maria Socorro de Souza Carneiro
Universidade Federal do Ceará – UFC

Profª. Dra. Andréa Pereira Pinto
Universidade Federal do Ceará – UFC

A Deus, socorro presente na hora da angústia.
A minha mãe, Zilda Maria Pinto Sousa, e a
minha avó, Sefisa Pinto Sousa (*in memoriam*),
pelo carinho, apoio e incentivo em todos esses
anos da minha vida.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus, por me dar saúde e força ao longo dessa jornada.

À Universidade Federal do Ceará, pela infraestrutura e pela oportunidade de fazer o curso de Doutorado em Zootecnia.

À Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico – FUNCAP e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, pelo suporte financeiro com a manutenção da bolsa de doutorado.

À minha orientadora, Prof^a Dra. Elzânia Sales Pereira, pela orientação e confiança em meu trabalho.

Ao professor Dr. Marcos Inácio Marcondes e ao Dr. Stefano Biffani, pelos valiosos ensinamentos, atenção e paciência para me ensinar sobre meta-análise.

Aos professores participantes da Banca examinadora: Andréa Pereira Pinto, Ariosvaldo Nunes de Medeiros, Marcos Cláudio Pinheiro Ribeiro e Maria Socorro de Souza Carneiro, pelo tempo disponibilizado, correções e sugestões.

A todos os autores dos estudos utilizados na meta-análise, por cederem seus dados para a realização deste trabalho.

À minha mãe, Zilda Maria Pinto Sousa, pelo amor incondicional e pelo eterno companheirismo, principalmente nos momentos mais difíceis de desânimo e cansaço.

Ao meu amigo, Rafael Luis Cavalcanti Veras Ribeiro, por acreditar em mim, pela amizade, apoio e incentivo constante.

Ao meu irmão, Diego Victor Pinto de Oliveira, pelo suporte nos momentos em que precisei.

A todos os colegas e professores, que direta ou indiretamente foram importantes para a minha formação profissional e para o desenvolvimento deste trabalho.

“Existem muitas hipóteses em ciência que estão erradas. Isso é perfeitamente aceitável, elas são a abertura para achar as que estão certas.” (Carl Sagan)

RESUMO

O objetivo neste estudo foi estimar, por meio de modelos matemáticos, o consumo de matéria seca (CMS), o consumo de fibra insolúvel em detergente neutro (CFDN) e as exigências de energia e proteína para manutenção e ganho de ovinos deslanados criados em regiões tropicais. Para estimar os parâmetros das equações, realizou-se uma meta-análise de 12 experimentos independentes de desempenho, totalizando 394 unidades experimentais (animais) e de 7 experimentos independentes de exigências nutricionais, totalizando 243 unidades experimentais (animais). Os estudos foram conduzidos em condições tropicais, utilizando ovinos deslanados nas fases de crescimento e terminação e dotados das seguintes informações quantitativas: teor de fibra insolúvel em detergente neutro (FDN) na dieta, CMS, CFDN, peso corporal (PC), peso de corpo vazio (PCVZ), ganho de peso corporal (GPC), ganho de peso de corpo vazio (GPCVZ), produção de calor (PCI), consumo de energia metabolizável (CEM), energia retida (ER), consumo de proteína metabolizável (CPM) e conteúdo corporal de proteína bruta de cada animal. As equações de regressão obtidas foram: $CMS_{(g/dia)} = 83,1978(\pm 76,4551) + 1,3246(\pm 0,2775) \times GPC_{(g/dia)} + 23,1901(\pm 4,7486) \times PC_{(kg)}$; $CMS_{(%PC)} = 3,0075(\pm 0,1455) + 0,004061(\pm 0,001211) \times GPC_{(g/dia)}$; $CMS_{(g/dia)} = 398,83(\pm 160,99) + 27,5131(\pm 6,6128) \times FDN_{(%)}$ - $0,3608(\pm 0,07174) \times FDN_{(%)}$; $CFDN_{(g/dia)} = -257,56(\pm 49,9512) + 22,8960(\pm 2,4683) \times FDN_{(%)}$ - $0,1759(\pm 0,02716) \times FDN_{(%)}$; $PCVZ_{(kg)} = -2,4852(\pm 0,2748) + 0,8821(\pm 0,01517) \times PC_{(kg)}$; $GPCVZ_{(kg/dia)} = -0,01875(\pm 0,004128) + 0,9671(\pm 0,02799) \times GPC_{(kg/dia)}$; Para energia líquida para manutenção (ELm): $LogPCI_{(Mcal/PCVZ^{0,75}/dia)} = -1,2305(\pm 0,07470) + 2,1543(\pm 0,3019) \times CEM_{(Mcal/PCVZ^{0,75}/dia)}$; Para energia líquida para ganho (ELg): $LogER_{(Mcal/PCVZ^{0,75}/dia)} = -0,5908(\pm 0,05334) + 0,8455(\pm 0,04355) \times LogGPCVZ_{(kg/dia)}$; Para proteína metabolizável para manutenção (PMm): $CPM_{(g/dia)} = 24,8470(\pm 7,3646) + 560,28(\pm 99,6582) \times GPCVZ_{(kg/dia)}$; Para proteína líquida para ganho (PLg): $PLg_{(kg/dia)} = 0,1941 \times PCVZ^{-0,1058}$. O CFDN em função do teor de FDN na dieta apresentou comportamento quadrático, cujo ponto de máximo CFDN (487,50 g/dia) foi obtido no nível de 65,08% de FDN na dieta. O CMS em função do teor de FDN na dieta também apresentou comportamento quadrático, cujo ponto de máximo CMS (923,34 g/dia) foi obtido no nível de 38,13% de FDN na dieta. Considerando um GPC de 100 g/dia, o CMS variou de 447,6 a 1143,3 g/dia para animais com PC variando de 10 a 40 kg, respectivamente. Os valores

de CMS foram, de modo geral, inferiores àqueles reportados pelos sistemas NRC e AFRC. As exigências de ELM e energia metabolizável para manutenção foram de 0,059 e 0,094 Mcal/PCVZ^{0,75}/dia, respectivamente. Considerando um GPC de 100 g/dia, o requerimento de ELg variou de 0,118 a 0,407 Mcal/dia para animais com PC variando de 10 a 40 kg, respectivamente. As eficiências de uso da energia metabolizável para manutenção e ganho foram de 0,63 e 0,36, respectivamente. A exigência de PMm foi de 3,097 g/PCVZ^{0,75}/dia. Considerando um GPC de 100 g/dia, o requerimento de PLg variou de 12,4 a 10,5 g/dia para animais com PC variando de 10 a 40 kg, respectivamente. Os valores de exigências de energia e proteína metabolizáveis totais foram, de modo geral, inferiores àqueles reportados pelos sistemas NRC e AFRC. Assim, os resultados deste estudo sustentam a hipótese de que o CMS e os requerimentos nutricionais de ovinos deslanados criados em regiões tropicais são inferiores aqueles reportados pelos comitês tradicionais de exigências nutricionais de ovinos. Portanto, é recomendável o uso das equações apresentadas neste estudo para ovinos deslanados criados em regiões tropicais.

Palavras-chave: Energia. Equações. Fibra. Ingestão de alimentos. Proteína.

META-ANALYSIS OF THE DRY MATTER INTAKE AND NUTRIENT REQUIREMENTS OF HAIR SHEEP RAISED IN TROPICAL REGIONS

ABSTRACT

The objective in this study was to estimate, through mathematical models, the dry matter intake (DMI), the insoluble neutral detergent fiber intake (NDFI) and the energy and protein requirements for maintenance and gain of hair sheep raised in tropical regions. To estimate the equation parameters, a meta-analysis of 12 independent experiments of performance, comprising a total of 394 experimental units (animals) and of 7 independent experiments of nutrient requirements, comprising a total of 243 experimental units (animals) was performed. The studies were conducted in tropical conditions, using hair sheep in the growing and finishing phases and endowed of the following quantitative information: insoluble neutral detergent fiber (NDF) dietary, DMI, NDFI, body weight (BW), empty body weight (EBW), average daily gain (ADG), empty body gain (EBG), heat production (HP), metabolizable energy intake (MEI), retained energy (RE), metabolizable protein intake (MPI), and body content of crude protein of each animal was performed. The regression equations obtained were: $DMI_{(g/day)} = 83.1978(\pm 76.4551) + 1.3246(\pm 0.2775) \times ADG_{(g/day)} + 23.1901(\pm 4.7486) \times BW_{(kg)}$; $DMI_{(%BW)} = 3.0075(\pm 0.1455) + 0.004061(\pm 0.001211) \times ADG_{(g/day)}$; $DMI_{(g/day)} = 398.83(\pm 160.99) + 27.5131(\pm 6.6128) \times NDF_{(%)}$ $- 0.3608(\pm 0.07174) \times NDF_{(%)}$; $NDFI_{(g/day)} = -257.56(\pm 49.9512) + 22.8960(\pm 2.4683) \times NDF_{(%)}$ $- 0.1759(\pm 0.02716) \times NDF_{(%)}$; $EBW_{(kg)} = -2.4852(\pm 0.2748) + 0.8821(\pm 0.01517) \times BW_{(kg)}$; $EBG_{(kg/day)} = -0.01875(\pm 0.004128) + 0.9671(\pm 0.02799) \times ADG_{(kg/day)}$; For net energy for maintenance (NE_m): $LogHP_{(Mcal/EBW^{0.75}/day)} = -1.2305(\pm 0.07470) + 2.1543(\pm 0.3019) \times MEI_{(Mcal/EBW^{0.75}/day)}$; For net energy for gain (NE_g): $LogRE_{(Mcal/EBW^{0.75}/day)} = -0.5908(\pm 0.05334) + 0.8455(\pm 0.04355) \times LogEBG_{(kg/day)}$; For metabolizable protein for maintenance (MP_m): $MPI_{(g/day)} = 24.8470(\pm 7.3646) + 560.28(\pm 99.6582) \times EBG_{(kg/day)}$; For net protein for gain (NP_g): $NPg_{(kg/day)} = 0.1941 \times EBW^{-0.1058}$. The NDFI as a function of NDF content in the diet showed a quadratic behavior, whose point of maximum NDFI (487.50 g/day) was obtained at the level of 65.08% of NDF in the diet. The DMI as a function of NDF content in the diet also showed a quadratic behavior, whose point of maximum DMI (923.34 g/day) was obtained at the level of 38.13% of NDF in

the diet. Considering an ADG of 100 g, the DMI ranged from 447.6 to 1143.3 g/day for animals with BWs ranging from 10 to 40 kg, respectively. The DMI values were, in general, lower than those reported by the NRC and AFRC systems. The requirements of NEm and metabolizable energy for maintenance were 0.059 and 0.094 Mcal/EBW^{0.75}/day, respectively. Considering an ADG of 100 g, the NEg requirement ranged from 0.118 to 0.407 Mcal/day for animals with BWs ranging from 10 to 40 kg, respectively. The efficiencies of use of the metabolizable energy for maintenance, and gain were 0.63 and 0.36, respectively. The MPm requirement was 3.097 g/EBW^{0.75}/day. Considering an ADG of 100 g, the NPg requirement ranged from 12.4 to 10.5 g/day for animals with BWs ranging from 10 to 40 kg, respectively. The total metabolizable energy and protein requirements values were, in general, lower than those reported by the NRC and AFRC systems. Thus, the results of this study support the hypothesis that DMI and nutrient requirements of hair sheep raised in tropical regions are lower than those reported by traditional committees nutrient requirements of sheep. Therefore, we recommend the use of the equations presented in this study for hair sheep raised in tropical regions.

Keywords: Energy. Equations. Fiber. Food intake. Protein.

SUMÁRIO

1 REVISÃO DE LITERATURA	12
2 META-ANÁLISE DO CONSUMO DE MATÉRIA SECA E DO CONSUMO DE FIBRA INSOLÚVEL EM DETERGENTE NEUTRO DE OVINOS DESLANADOS CRIADOS EM REGIÕES TROPICAIS	28
3 META-ANÁLISE DAS EXIGÊNCIAS ENERGÉTICAS E PROTEICAS DE OVINOS DESLANADOS CRIADOS EM REGIÕES TROPICAIS	43
4 CONCLUSÕES	62
REFERÊNCIAS	63

1 REVISÃO DE LITERATURA

Os pequenos ruminantes (ovinos e caprinos) são espécies importantes em muitos sistemas de produção animal. Sua importância econômica, a qual varia entre regiões, está na capacidade de converter forrageiras ou resíduos domésticos em carne, pele, leite e lã (GUTIERREZ-A, 1986). Dentre as raças de ovinos criadas no Brasil, a raça Santa Inês é predominante devido à sua resistência e adaptabilidade a condições ambientais diversas (PORTILHO *et al.*, 2006). Essa raça é resultante do cruzamento intercorrente das raças Bergamácia, Morada Nova, Somalis e ovinos de raças não definidas. O porte, formato das orelhas e da cabeça e vestígios de lã evidenciam a participação da raça Bergamácia, a pelagem e a condição deslanada evidenciam a participação da raça Morada Nova e a apresentação de gordura em torno da implantação da cauda evidencia a participação da raça Somalis (ARCO, 2016). Sua exploração, na região nordeste, é voltada principalmente para a produção de carne e pele, as quais apresentam boa qualidade.

O efetivo de ovinos no Brasil apresentou um aumento de 14,5% entre os anos de 2004 e 2014, ao passo que a produção de carne ovina apresentou um aumento de 20,8% entre os anos de 2003 e 2013 (FAO, 2016). A capacidade produtiva dessa espécie também aumentou, principalmente devido ao melhoramento genético voltado para produção de carne. Vale ressaltar que, a melhora dos índices produtivos, como o ganho de peso, implica naturalmente na elevação dos requerimentos nutricionais dos animais (RESENDE *et al.*, 2008). Segundo Nsahlai *et al.* (2004), os requerimentos nutricionais não são estáticos, mudam com o melhoramento genético e com os cruzamentos, devendo ser regularmente revisados e reavaliados. Além disso, a alimentação constitui o item mais oneroso nos sistemas de produção animal (YÁÑEZ *et al.*, 2006) e a formulação de uma dieta equilibrada, a partir das informações sobre as exigências nutricionais, pode reduzir os custos com a alimentação (minimizando os desperdícios ou a deficiência de nutrientes), maximizando assim a eficiência de produção da carne. Apesar disso, as informações acerca dos requerimentos nutricionais dessa espécie ainda são poucas e, por essas razões, mais estudos sobre as exigências nutricionais dessa espécie tornam-se necessários.

O interesse contínuo para o desenvolvimento de novas tecnologias tem resultado no aumento da produção científica. No entanto, o crescente número de publicações e o grande volume de informações podem dificultar a contextualização do problema com erros de interpretação ou análise. Dessa forma, a meta-análise surge como uma alternativa para examinar e sistematizar as informações (LOVATTO *et al.*, 2007). Glass (1976) define a meta-análise

como uma análise das análises, referindo-se à análise estatística que é feita sobre um conjunto de resultados de análises de estudos individuais a serem integrados. A meta-análise foi aplicada inicialmente nas ciências sociais, medicina e, posteriormente, na agricultura (LUIZ, 2002). Na área de nutrição de ruminantes, praticamente não há estudos aplicando a meta-análise. Diante disso, este estudo é importante e inovador, pois é a primeira meta-análise de dados brutos de exigências nutricionais de ovinos deslanados criados em regiões tropicais, o qual servirá futuramente como base para os estudos de nutrição animal.

Consumo de matéria seca

A estimativa do consumo de matéria seca (CMS) é fundamental para prever o ganho médio diário dos animais, obter maiores desempenhos e prevenir gastos desnecessários com alimentação. Além disso, a quantidade de nutrientes necessária para satisfazer as exigências nutricionais para manutenção e produção de pequenos ruminantes dependerá da ingestão de matéria seca do animal (NRC, 2000; VIEIRA *et al.*, 2013). Dessa forma, limitações no consumo podem impedir que as exigências nutricionais sejam supridas (AZEVEDO *et al.*, 2010). Existem diversas formas de estimar o CMS de ovinos. O sistema britânico AFRC (1993), por exemplo, estima a ingestão de matéria seca de cordeiros em crescimento a partir da metabolizabilidade da dieta (q_m), a qual é definida como a proporção de energia metabolizável (EM) presente na energia bruta (EB) da dieta. Assim, o AFRC propõe 3 equações para predição do CMS de cordeiros em crescimento. A equação 1 é proposta para dietas grosseiras, baseadas em forragens longas ou picadas. A equação 2 é sugerida para dietas finas, baseadas em concentrados ou forragens moídas e peletizadas. Por fim, a equação 3 é utilizada para cordeiros alimentados apenas com silagem.

$$CMS = (104,7 \times q_m + 0,307 \times PC - 15,0) \times PC^{0,75} / 1000 \quad (1)$$

$$CMS = (150,3 - 78 \times q_m - 0,408 \times PC) \times PC^{0,75} / 1000 \quad (2)$$

$$CMS = 0,046 \times PC^{0,75} \quad (3)$$

onde CMS = consumo de matéria seca (kg/dia); q_m = metabolizabilidade da dieta; PC = peso corporal (kg).

De acordo com Valadares Filho *et al.* (2006), um modelo adequado de predição de consumo deve levar em consideração, além da variável peso corporal, o ganho médio diário. Apesar disso, o sistema britânico e o americano NRC (2007), o qual adota a equação de predição

de consumo preconizada pelo sistema australiano CSIRO (1990), não incluem o ganho em suas equações. Dessa forma, o NRC propõe a equação 4 para predição do CMS de ovinos:

$$CMS = 0,04 \times PRP \times TR \times (1,7 - TR) \quad (4)$$

onde CMS = consumo de matéria seca (kg/dia); PRP = peso referência padrão (kg), o qual corresponde ao peso corporal de um animal seco e não gestante, cujo escore corporal é 3 na escala (1-5) e que alcançou tamanho esquelético completo; TR = tamanho relativo, o qual equivale a razão entre o peso normal de um animal imaturo para uma dada idade e o seu peso a maturidade (PRP). Por exemplo, um animal imaturo com peso corporal de 45 kg e peso à maturidade esperado de 75 kg terá um tamanho relativo de 0,60. Vale ressaltar que, o valor do tamanho relativo não poderá exceder a 1,0.

Contudo, essa equação para predição de consumo adotada pelo NRC é válida somente para dietas cuja digestibilidade da matéria seca é superior a 80%. Assim, para dietas com digestibilidades menores, o consumo deverá ser corrigido a partir da equação 5:

$$FC_{dig} = 1 - 1,7 \times (0,8 - Dig) \quad (5)$$

onde FC_{dig} = fator de correção para digestibilidade; Dig = digestibilidade da dieta.

O sistema CNCPS-S, conforme descrito por Cannas *et al.* (2004), adota as equações desenvolvidas por Pulina *et al.* (1996) para predição do CMS de ovinos, as quais estão apresentadas logo abaixo (Equação 6, 7, 8, 9, 10):

$$CMS = -0,124 + 0,0711 \times PC^{0,75} + 0,0015 \times VPC \quad (6)$$

$$VPC = (ELg / (0,92 \times CE_{GPCVZ})) \times 1000 \quad (7)$$

$$CE_{GPCVZ} = ((6,7 + R) + (20,3 - R) / (1 + \exp(-6 \times (P - 0,4)))) \times 0,239 \quad (8)$$

$$R = 2 \times ((ELg / ELM) - 1) \quad (9)$$

$$P = PC / PC_{maturidade} \quad (10)$$

onde CMS = consumo de matéria seca (kg/dia); PC = peso corporal (kg); VPC = variação no peso corporal (g/dia); ELg = exigência de energia líquida para ganho de peso (Mcal/dia); CE_{GPCVZ} = conteúdo de energia no ganho de peso de corpo vazio (Mcal/kg GPCVZ); R = ajuste para taxa de ganho ou perda quando o consumo de energia metabolizável é conhecido e o ganho

ou perda deve ser predito; P = índice de maturidade; ELM = exigência de energia líquida para manutenção (Mcal/dia).

De acordo com o CSIRO (2007), o consumo potencial de alimentos, definido como a quantidade de alimento ingerido pelo animal que é fornecido de forma abundante, com pelo menos 80% de digestibilidade da MS ou 2,63 Mcal de EM/kg de MS e que permite a seleção por parte do animal, é determinado pelo tamanho corporal e estado fisiológico, podendo ser reduzido com as doenças e o estresse térmico. O consumo relativo, definido como uma proporção do consumo potencial que o animal pode alcançar sob determinada condição alimentar, está em função da qualidade da dieta e, no caso de animais em pastejo, está em função também da quantidade de alimento disponível. O consumo voluntário máximo de alimentos, por sua vez, é obtido a partir da combinação entre a demanda energética do animal e a capacidade física de ingestão, as quais são proporcionais ao tamanho do animal. Dessa forma, o potencial de consumo é afetado por diversos fatores. No entanto, nem todos os fatores que afetam o consumo são levados em consideração pelos sistemas de alimentação. Cada sistema prediz a ingestão enfatizando diferentes aspectos que afetam o potencial de consumo dos animais (RESENDE *et al.*, 2008). Assim, as interações entre os diversos fatores que afetam o consumo, como: dieta, animal, ambiente e manejo, são responsáveis pela falta de precisão das equações de predição de CMS (McMENIMAN; DEFOOR; GALYEAN, 2009).

Fatores que regulam o consumo

O sistema nervoso central é o principal local responsável pelo consumo voluntário de alimentos (FORBES, 2007). Existem dois centros principais no hipotálamo que regulam a ingestão de alimentos, o centro da fome (núcleo lateral do hipotálamo) e o centro da saciedade (núcleo ventro-medial do hipotálamo) (LANA, 2005). Esses dois centros possuem ações complementares, de modo que, quando o animal demonstra apetite, o centro da fome é ativado e o da saciedade é inibido e, à medida que o animal se alimenta, o centro da saciedade vai inibindo o centro da fome (BORGES; GONÇALVES; GOMES, 2009). Os principais mecanismos envolvidos na regulação do CMS são os mecanismos químicos, físicos e térmicos, os quais, segundo o NRC (2000), são muito complexos e ainda não há uma total compreensão destes.

As dietas com baixo valor nutritivo, ou seja, baixa digestibilidade e alto teor de fibra, frequentemente inibem o consumo potencial de alimentos antes que a demanda energética do animal seja atendida devido à distensão do trato digestivo (BORGES; GONÇALVES; GOMES,

2009; NRC, 2007). Essa distensão, provocada pelo peso e volume da dieta, é detectada por receptores de tensão localizados na parede ruminal. A percepção desses estímulos de distensão, a qual ativa o término de uma refeição, normalmente acontece antes que o rúmen-retículo esteja fisicamente cheio e pode ser alterada pelos nutrientes absorvidos e, possivelmente, por hormônios, como a colecistoquinina (SILVA, 2006). Vale ressaltar que, os constituintes solúveis do alimento contribuem muito pouco para o efeito de repleção ou distensão, enquanto a FDN na dieta é altamente relacionada com a ocupação de espaço ou efeito de repleção (MERTENS, 1987).

Os sinais quimiostáticos, definidos como informações químicas ou hormonais enviadas pela corrente sanguínea, estão relacionados aos diferentes nutrientes absorvidos no trato digestivo. Em animais não ruminantes, a absorção de glicose, o aumento da glicemia e a secreção de insulina são responsáveis por sinalizar a interrupção da ingestão de alimentos (teoria glicostática). Entretanto, em animais ruminantes, a glicose não afeta a ingestão de alimentos, visto que o açúcar e o amido dos alimentos são rapidamente fermentados no rúmen a ácidos graxos voláteis (AGV). Porém, as concentrações desses AGVs no fluido ruminal e no sangue, que aumentam durante e após as refeições, reduzem o CMS dos animais ruminantes, sendo o acetato e o propionato os principais responsáveis e, embora apresentem efeitos similares sobre a redução no consumo de alimentos, existem diferentes receptores no rúmen para cada um deles. Vale salientar que, o fígado é o primeiro órgão que recebe uma visão geral do que está sendo absorvido pelo trato digestivo e sinaliza para o sistema nervoso central (BORGES; GONÇALVES; GOMES, 2009; FORBES, 2007; NRC, 1987; SILVA, 2006; VAN SOEST, 1994).

A teoria aminostática baseia-se nas concentrações de aminoácidos no sangue, os quais podem limitar o consumo. Peptídeos opióides dietéticos presentes em uma variedade de fontes proteicas, quando absorvidos, têm mostrado afetar a motilidade gastrointestinal e a taxa de passagem em muitas espécies (SILVA, 2006). Além disso, alguns aminoácidos são precursores de catecolaminas e serotoninas, as quais são neurotransmissores envolvidos no controle da ingestão de alimentos (BORGES; GONÇALVES; GOMES, 2009).

A teoria lipostática baseia-se nas concentrações de lipídeos circulantes, os quais podem interferir na ingestão de alimentos. A secreção de colecistocinina em resposta à presença de substâncias gordurosas no conteúdo intestinal inibe moderadamente a motilidade gástrica (GUYTON, 1996) e, conseqüentemente, reduz o CMS devido ao aumento na distensão do rúmen-retículo. Além disso, a gordura pode inibir o processo de digestão da fibra, provocando a distensão do rúmen-retículo e, por consequência, o término da refeição (SILVA, 2006).

Em relação ao mecanismo térmico de regulação do CMS, observa-se que a exposição contínua do animal à ambientes com temperaturas acima da zona de conforto reduz a ingestão de alimentos e, conseqüentemente, sua produtividade (NRC, 2000). Por outro lado, a exposição contínua do animal à ambientes com temperaturas abaixo da zona de conforto eleva a ingestão de alimentos, em resposta ao aumento da taxa de passagem devido a uma maior motilidade intestinal (FORBES, 2007).

Existem evidências de sensibilidade do rúmen-retículo às propriedades químicas e osmóticas da digesta associadas ao controle da ingestão de alimentos (FORBES, 2007). Todavia, o término de uma refeição, associado ao aumento da osmolaridade, pode ser resultado de outros efeitos fisiológicos ao invés da excitação direta dos receptores do rúmen-retículo, como a redução no consumo de alimentos decorrente de desidratação (SILVA, 2006). Vale ressaltar que, a existência e a importância dos osmorreceptores do rúmen-retículo, os quais são sensíveis às mudanças na osmolaridade dentro dos limites fisiológicos, ainda são incertos (ALLEN, 2000).

As experiências anteriores, bem como as preferências e aversões inatas do animal por certos alimentos podem influenciar na ingestão de determinado alimento. Por exemplo, o animal é capaz de identificar, a partir de suas experiências anteriores, quando o alimento a ser ingerido é potencialmente tóxico (FORBES, 2007). Isso se deve ao fato de que os ruminantes aprendem a associar as conseqüências pós-ingestivas de um alimento específico com suas propriedades sensoriais e utilizam suas preferências e aversões condicionadas para selecionar os alimentos (FORBES; PROVENZA, 2000).

O suprimento de nutrientes e o tamanho das partículas alimentares parecem afetar o consumo voluntário. Animais com deficiência em zinco, por exemplo, apresentam uma maior preferência por alimentos ricos em zinco do que aqueles animais supridos com zinco (SILVA, 2006). No que diz respeito ao tamanho das partículas alimentares, sabe-se que a passagem de alimento a partir do rúmen-retículo em direção ao omaso ocorre quando as partículas estão suficientemente pequenas para passar através do orifício retículo-omasal e que o tempo gasto para reduzir o volume da ingesta dependerá da habilidade do animal e da natureza do alimento (BORGES; GONÇALVES; GOMES, 2009). Dessa forma, tendo em vista que o tempo gasto com a ruminação e a mastigação para reduzir o tamanho das partículas alimentares competirá com o tempo disponível para a alimentação, o fornecimento de alimentos com tamanhos reduzidos de partículas diminuirá o tempo gasto com a mastigação e a ruminação, sobrando mais tempo para a alimentação. Apesar disso, Rêgo *et al.* (2014), em estudo com vacas leiteiras alimentadas com dietas a base de silagem de milho ou silagem de milheto, com tamanhos de

partículas de 5 ou 20 mm, com ou sem inoculante bacteriano, concluíram que o CMS de vacas alimentadas com silagem e tamanho de partícula de 5 mm aumentou em relação ao CMS de vacas alimentadas com silagem e tamanho de partícula de 20 mm devido ao aumento na taxa de passagem, mas os tempos de alimentação, ruminação e ócio não foram afetados, o que foi justificado pelo maior CMS, o qual exige um maior tempo de ruminação, ocorrendo assim um equilíbrio nos tempo gastos com alimentação e ruminação.

Exigências nutricionais

Os requerimentos nutricionais dos animais, a concentração de nutrientes nas dietas e a composição bromatológica dos alimentos formam a base para a formulação de dietas, permitindo planejar e realizar um manejo nutricional de forma eficiente, técnica e econômica (MARCONDES *et al.*, 2010). Dessa forma, a determinação mais próxima da realidade dos requerimentos nutricionais dos animais é fundamental para assegurar o mínimo de desperdício de recursos naturais como alimento, terra e água, os quais são limitados ou escassos em muitas regiões (TEDESCHI; CANNAS; FOX, 2008).

No Brasil, a formulação de dietas para ovinos tem sido realizada utilizando as informações de exigências nutricionais preconizadas pelos comitês internacionais (NRC (2007), CSIRO (2007), AFRC (1993), dentre outros), cujos genótipos dos animais (lanados), as dietas e o clima (temperado) diferem daqueles encontrados no Brasil. Isso pode ocasionar erros de balanceamento e desperdício de nutrientes, visto que os requerimentos nutricionais são afetados por esses fatores. Por essa razão, faz-se necessária a estimativa das exigências nutricionais de ovinos deslanados criados sob condições tropicais. Porém, os estudos de exigências nutricionais com ovinos deslanados já realizados em regiões tropicais apresentam alguns resultados discordantes. Assim, o uso de um método estatístico, como a meta-análise, a qual permite realizar uma síntese de resultados contraditórios, aumenta a precisão analítica devido à maior quantidade de informações (LOVATTO *et al.*, 2007), podendo ser utilizada para se chegar a uma conclusão geral. Além disso, o uso de modelos matemáticos pode melhorar o desempenho dos animais, reduzir os custos de produção e minimizar as excreções de nutrientes, uma vez que é possível obter melhores estimativas das exigências nutricionais e utilização dos alimentos nas mais diversas situações de produção (TEDESCHI *et al.*, 2005).

Os sistemas de avaliação de alimentos e requerimentos nutricionais utilizam, de modo geral, o método fatorial, o qual fraciona os requerimentos líquidos em manutenção, ganho de peso, gestação, lactação e produção de lã (RESENDE *et al.*, 2008).

Exigências nutricionais para manutenção

O metabolismo basal envolve os processos vitais, como atividade celular, respiração, circulação sanguínea, atividade muscular, renovação de tecidos e manutenção dos gradientes iônicos de um animal em repouso, em ambiente termoneuro e em estado pós-absortivo (NRC, 2007; RESENDE; TEIXEIRA; FERNANDES, 2006). A energia mínima necessária para manter esses processos é denominada de energia líquida para manutenção (ELm). A atividade muscular de vacas confinadas pode representar 10% dos custos energéticos para manutenção (NRC, 2001), enquanto a renovação de tecidos (ressíntese proteica e ressíntese lipídica) e o transporte de íons através das membranas celulares podem contribuir com 40 a 55% dos custos energéticos para manutenção (BALDWIN *et al.*, 1980). Segundo Lofgreen e Garrett (1968), a estimativa do calor produzido durante o jejum, decorrente desses processos metabólicos, representa a exigência de ELm. Assim, esses autores sugerem um modelo matemático envolvendo o logaritmo da produção de calor em função do consumo de energia metabolizável (CEM), no qual o antilog do intercepto da equação correspondente a exigência de ELm.

A proteína líquida para manutenção corresponde à proteína mínima necessária para repor as inevitáveis perdas de proteína bruta nas fezes, na urina, na lã (no caso de ovinos) e por descamação da pele. O nitrogênio (N) perdido nas fezes é proveniente de enzimas e células epiteliais do trato digestivo, entretanto, as células microbianas formadas no intestino grosso e os fragmentos de células microbianas oriundas do rúmen também contribuem com o N fecal, mas não são perdas endógenas verdadeiras. O N urinário, por sua vez, é proveniente da oxidação de aminoácidos (turnover proteico) que resulta nos seguintes metabólitos: uréia, creatinina, bilirrubina, alantoína, ácido úrico, dentre outros (CSIRO, 2007; NRC, 2007). Vale ressaltar que, a estimativa dessas perdas é relativamente difícil, principalmente no que diz respeito às perdas de N fecal, uma vez que é necessário separar as perdas microbianas das verdadeiras perdas metabólicas fecais, exigindo assim um procedimento mais trabalhoso (PAULINO *et al.*, 2004a).

Exigências nutricionais para ganho

A energia líquida para ganho corresponde ao conteúdo de energia do tecido depositado no corpo vazio, que varia em função da proporção de proteína e gordura depositada (NRC, 2000). A proteína líquida para ganho, por sua vez, corresponde ao conteúdo de matéria seca livre de gordura depositado no corpo vazio, que varia em função da classe sexual, genótipo e GMD dos animais (PAULINO *et al.*, 2004a). Dessa forma, fica claro que, a composição do

corpo vazio é um fator determinante sobre as exigências nutricionais e a variação na proporção dos tecidos depositados no ganho explica as diferenças observadas entre machos e fêmeas e animais tardios e precoces (PAULINO *et al.*, 2004b). De acordo com Geay (1984), animais de genótipos precoces frequentemente apresentam menores exigências de proteína líquida quando comparados a animais de genótipos tardios.

De acordo com o NRC (2007), para calcular as exigências nutricionais para ganho, é necessário conhecer a composição dos tecidos ganho, a eficiência de uso dos nutrientes e a taxa de ganho de peso. A composição do ganho tem relação direta com a eficiência de uso da EM para ganho, visto que a eficiência de uso da EM para deposição de proteína varia de 10 a 40%, enquanto a eficiência de uso da EM para deposição de gordura varia de 60 a 80% (GARRETT, 1980). Assim, quando a maior proporção de tecido depositado no ganho é na forma de proteína, os animais costumam apresentar maiores requerimentos energéticos para ganho devido à menor eficiência de uso da EM para deposição de proteína.

Fatores que influenciam as exigências nutricionais

Os requerimentos nutricionais (energia, proteína, minerais e vitaminas) variam em função de muitos fatores. Por exemplo, quando o animal consome dietas de baixa densidade energética e/ou alta concentração de fibra, ocorrerá uma maior produção de calor durante o processo de digestão (gasto energético) decorrente do aumento do trabalho físico intestinal (SALAH; SAUVANT; ARCHIMÈDE, 2014), o que implica em aumento da exigência de energia. Vale ressaltar que, a atividade metabólica dos órgãos viscerais constitui a maior proporção do gasto energético total do animal (contribuindo com até 50%), embora esses tecidos representem menos de 10% da massa corpórea (FERRELL, 1988). A ingestão de dietas com alta concentração de fibra resulta ainda no aumento da exigência de proteína devido à menor retenção de nitrogênio (SALAH; SAUVANT; ARCHIMÈDE, 2014) e aumento da descamação do epitélio do trato digestivo, elevando as perdas de proteína nas fezes.

A espécie é outro fator responsável pela variação nos requerimentos nutricionais. O AFRC (1993) recomenda valores de exigência de E_{Lm} (sem ajustes para atividade) de 0,145 Mcal/PC^{0,67}, 0,069 Mcal/PC^{0,75} e 0,075 Mcal/PC^{0,75}, para bovinos, ovinos e caprinos, respectivamente. Entretanto, essa diferença entre espécies pode estar relacionada à escolha do expoente da variável PC. Salah, Sauvant e Archimède (2014) relataram que, quando a exigência de EM para manutenção foi expressa na base de PC^{0,75}, os bovinos apresentaram uma exigência significativamente maior em relação aos pequenos ruminantes. Por outro lado,

quando a exigência de EM para manutenção foi expressa na base de PC¹, os pequenos ruminantes apresentaram uma maior exigência em relação aos bovinos e, quando expressa na base de PC^{0,86}, não houve diferença entre as espécies.

No que diz respeito à classe sexual, o NRC (2000) relata que a exigência de ELM de machos inteiros é 15% maior que a de machos castrados e novilhas do mesmo genótipo. O AFRC (1993) também faz ajustes na exigência de ELM de acordo com a classe sexual, sendo proposto os fatores de correção de 1,15 para machos inteiros e 1,0 para fêmeas e machos castrados, tanto para bovinos quanto para ovinos. O sistema CNCPS-S, cujas equações são adotadas pelo NRC (2007), propõe os mesmos valores de correção indicados acima para ovinos.

Sabe-se que a raça tem grande influência sobre as exigências nutricionais. As raças para corte *Bos indicus*, de modo geral, apresentam exigências de ELM 10% menores que raças para corte *Bos taurus*. As raças leiteiras ou de dupla aptidão, por sua vez, apresentam exigências de ELM 20% maiores que raças para corte (NRC, 2000). Parte dessas diferenças deve-se ao tamanho dos órgãos, o qual varia com os genótipos (FERRELL, 1988; RESENDE *et al.*, 2008). Além disso, Ferrell e Jenkins (1998), em um estudo com novilhos das raças Angus, Boran, Brahman, Hereford e Tuli, concluíram que existem diferenças entre raças para as variáveis: peso corporal, composição corporal, exigência para manutenção, composição do ganho e eficiência de uso da EM para ganho de peso. Como mencionado anteriormente, a composição do ganho está diretamente relacionada à exigência de ganho. Assim, quando a maior proporção de tecido depositado no ganho é na forma de proteína, os animais costumam apresentar maiores requerimentos energéticos para ganho devido à menor eficiência de uso da EM para deposição de proteína.

Com relação à idade, acredita-se que a exigência de ELM decresça à medida que os animais envelheçam (NRC, 2007). Cannas *et al.* (2004) fizeram ajustes na exigência de ELM, de acordo com a idade, a partir da seguinte expressão exponencial: $exp^{(-0,03 \times Idade)}$, onde a idade é representada em anos. Dessa forma, a exigência de ELM decresce de 0,062 Mcal/PC^{0,75} para 0,052 Mcal/PC^{0,75}, quando o animal tem idade entre 0 e 6 anos. A Tabela 1 mostra a variação no metabolismo de jejum de ovinos em função do peso corporal e da idade.

Tabela 1 – Metabolismo de jejum de ovinos em várias idades após 18-32 horas de jejum

Idade (semanas)	Peso corporal (kg)	Metabolismo de jejum (kcal/PC ^{0,75})
1	5,8	132
3	9,1	111
6	13,0	119
9	18,0	116
15	24,3	68
24	28,2	63
36	33,9	62
48	39,3	57
184	62,9	59

Fonte: Adaptado de Silva e Leão (1979).

Outro importante fator que exerce efeito sobre os requerimentos nutricionais é o ambiente. Ovinos da raça Corriedale, quando expostos a ambientes com temperaturas elevadas, apresentam menor secreção dos hormônios tireoideanos, os quais têm relação direta com o metabolismo do organismo (GUYTON, 1996; STARLING *et al.*, 2005), resultando em menor exigência energética quando comparada a de animais expostos a ambientes frios (NRC, 2000). É importante salientar que, as mudanças adaptativas em resposta às mudanças climáticas, incluindo alterações comportamentais e fisiológicas, denominadas de aclimação (NRC, 2000), contribuem com a variação observada nas exigências de ELM entre animais de clima tropical e temperado. Vale destacar ainda que, os animais diferem muito nas suas respostas comportamentais e fisiológicas para se adaptarem a um ambiente específico (NRC, 2007).

Métodos para estimar as exigências nutricionais

Os principais métodos utilizados para estimar os requerimentos nutricionais são: o abate comparativo, a calorimetria e os experimentos de alimentação de longo prazo. O método do abate comparativo consiste basicamente em determinar os componentes químicos (água, proteína, gordura e minerais) dos corpos de animais abatidos em diferentes períodos, sendo um grupo de animais abatido no início de um período experimental pré-determinado e outro grupo abatido no final do período experimental. Dessa forma, a retenção dos nutrientes é calculada por diferença, por exemplo, a proteína retida é obtida a partir da diferença entre o conteúdo corporal de proteína do animal abatido no final do período experimental e o conteúdo corporal de proteína do animal abatido no início do período experimental. Assim, a partir das informações sobre a quantidade de proteína retida no corpo do animal e o seu consumo de proteína, é possível estimar as exigências proteicas do animal.

O método calorimétrico, por sua vez, consiste em quantificar o calor despendido pelo animal por meio da calorimetria direta ou indireta. Na calorimetria direta, o animal fica isolado em uma câmara e a sua produção de calor é determinada a partir do aumento na temperatura da água que circula nas tubulações da câmara ou por meio da corrente elétrica gerada quando o calor atravessa os pares termoeletricos da câmara. Na calorimetria indireta, o animal fica isolado em uma câmara e a sua produção de calor é determinada a partir do quociente respiratório (razão entre o oxigênio consumido e o gás carbônico produzido), partindo do pressuposto que a produção de calor é decorrente da oxidação de compostos orgânicos. Nesse cálculo, devem ser consideradas ainda as perdas de calor decorrentes da oxidação incompleta das proteínas e da fermentação anaeróbica (RESENDE; TEIXEIRA; FERNANDES, 2006). Vale destacar que, no método calorimétrico, os animais são alimentados em nível de manutenção.

É importante observar que, no método do abate comparativo, as variáveis CEM e energia retida são mensuradas diretamente e a produção de calor é obtida por diferença, ao passo que, no método calorimétrico, as variáveis CEM e produção de calor são mensuradas diretamente e a energia retida é obtida por diferença (NRC, 2000). Dessa forma, o método calorimétrico torna-se mais preciso na determinação da exigência de ELM, uma vez que, a produção de calor é mensurada diretamente e não estimada. Por outro lado, o método do abate comparativo apresenta a vantagem de ser conduzido em condições semelhantes a dos sistemas de produção (NRC, 1996).

O método de alimentação de longo prazo consiste basicamente em determinar a quantidade de alimento necessária pra manter o PC do animal (TAYLOR; THEISSEN; MURRAY, 1986; TAYLOR; TURNER; YOUNG, 1981).

Diante do exposto, é possível observar que, os métodos mencionados para determinar as exigências nutricionais apresentam suas vantagens e desvantagens. Assim, a técnica do abate comparativo, embora laboriosa, parece ser a mais indicada para os estudos de exigências nutricionais, pois, além de ser conduzida em condições semelhantes a dos sistemas de produção, permite a medida direta da energia retida no corpo do animal e não requer o uso de equipamentos (calorímetro ou câmaras de respiração).

REFERÊNCIAS

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

ALLEN, M. S. Effects of diet on short-term regulation of feed intake by lactating dairy cattle. **J. Dairy Sci.**, v. 83, p. 1598–1624, 2000.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CRIADORES DE OVINOS – ARCO. **Padrões raciais:** Santa Inês. Disponível em: <http://www.arcoovinos.com.br/sitenew/racas_links/santa_ines.htm>. Acesso em: 10 abr. 2016.

AZEVÊDO, J. A. G.; VALADARES FILHO, S. C.; PINA, D. S.; CHIZZOTTI, M. L.; VALADARES, R. F. D. A meta-analysis of dry matter intake in Nellore- and Zebu-crossed cattle. **R. Bras. Zootec.**, v. 39, p. 1801-1809, 2010.

BALDWIN, R. L.; SMITH, N. E.; TAYLOR, J.; SHARP, M. Manipulating metabolic parameters to improve growth rate and milk secretion. **J. Anim. Sci.**, v. 51, p. 1416-1428, 1980.

BORGES, A. L. C. C.; GONÇALVES, L. C.; GOMES, S. P. Regulação da ingestão de alimentos. *In*: GONÇALVES, L. C.; BORGES, I.; FERREIRA, P. D. S. (editores). **Alimentação de gado de leite**. Belo Horizonte: FEPMVZ, 2009. p. 1-25.

CANNAS, A.; TEDESCHI, L. O.; FOX, D. G.; PELL, A. N.; VAN SOEST, P. J. A mechanistic model for predicting the nutrient requirements and feed biological values for sheep. **J. Anim. Sci.**, v. 82, p. 149-169, 2004.

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

COMMONWEALTH SCIENTIFIC AND INDUSTRIAL RESEARCH ORGANIZATION - CSIRO. **Nutrient requirements of domesticated ruminants**. Melbourne: CSIRO publishing, 2007.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS – FAO. **Statistics Division**. Disponível em: <<http://faostat3.fao.org/browse/Q/QA/E>>. Acesso em: 10 abr. 2016.

FERRELL, C. L. Contribution of visceral organs to animal energy expenditures. **J. Anim. Sci.**, v. 66, p. 23-34, 1988.

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. **J. Anim. Sci.**, v. 76, p. 647–657, 1998.

FORBES, J. M. **Voluntary food intake and diet selection in farm animals**. 2. ed. Wallingford: CAB International, 2007.

FORBES, J. M.; PROVENZA, F. D. Integration of learning and metabolic signals into a theory of dietary choice and food intake. *In*: CRONJÉ, P. B. (editor). **Ruminant physiology: digestion, metabolism, growth and reproduction**. Wallingford: CAB International, 2000. p. 3-19.

- GARRETT, W. N. Factors influencing energetic efficiency of beef production. **J. Anim. Sci.**, v. 51, p. 1434-1440, 1980.
- GEAY, Y. Energy and protein utilization in growing cattle. **J. Anim. Sci.**, v. 58, p. 766-778, 1984.
- GLASS, G. V. Primary, secondary, and meta-analysis of research. *In: ANNUAL MEETING OF THE AMERICAN EDUCATIONAL RESEARCH ASSOCIATION*, 1976, São Francisco. **Anais...** São Francisco: Educational Researcher, 1976. p. 3-8.
- GUTIERREZ-A, N. Economic constraints on sheep and goat production in developing countries. *In: SMALL RUMINANT PRODUCTION IN THE DEVELOPING COUNTRIES*, 1986, Sofia. **Proceedings...** Sofia: FAO, 1986. p. 138-147.
- GUYTON, A. C. **Tratado de fisiologia médica**. 9 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1996.
- LANA, R. P. **Nutrição e alimentação animal (mitos e realidades)**. Viçosa: UFV, 2005.
- LOFGREEN, G. P.; GARRETT, W. N. A system for expressing net energy requirements and feed values for growing and finishing beef cattle. **J. Anim. Sci.**, v. 27, p. 793-806, 1968.
- LOVATTO, P. A.; LEHNEN, C. R.; ANDRETTA, I.; CARVALHO, A. D.; HAUSCHILD, L. Meta-análise em pesquisas científicas - enfoque em metodologias. **R. Bras. Zootec.**, v. 36, p. 285-294, 2007.
- LUIZ, A. J. B. Meta-análise: definição, aplicações e sinergia com dados espaciais. **Cad. Ciên. Tecnol.**, v. 19, p. 407-428, 2002.
- MARCONDES, M. I.; CHIZZOTTI, M. L.; VALADARES FILHO, S. C.; GIONBELLI, M. P.; PAULINO, P. V. R.; PAULINO, M. F. Exigências nutricionais de energia para bovinos de corte. *In: VALADARES FILHO, S. C.; MARCONDES, M. I.; CHIZZOTTI, M. L.; PAULINO, P. V. R. (editores). Exigências nutricionais de zebuínos puros e cruzados (BR-CORTE)*. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2010. p. 85-111.
- McMENIMAN, J. P.; DEFOOR, P. J.; GALYEAN, M. L. Evaluation of the national research council (1996) dry matter intake prediction equations and relationships between intake and performance by feedlot cattle. **J. Anim. Sci.**, v.87, p.1138-1146, 2009.
- MERTENS, D. R. Predicting intake and digestibility using mathematical models of ruminal function. **J. Anim. Sci.**, v. 64, p. 1548-1558, 1987.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of beef cattle**. 7. ed. Washington: National Academies Press, 2000.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of beef cattle**. 7 ed. Washington: National Academy Press, 1996.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of dairy cattle**. 7 ed. Washington: National Academy Press, 2001.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of small ruminants.** Washington: National Academies Press, 2007.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Predicting feed intake of food producing animals.** Washington: National Academies Press, 1987.

NSAHLAI, I. V.; GOETSCH, A. L.; LUO, J.; JOHNSON, Z. B.; MOORE, J. E.; SAHLU, T.; FERRELL, C. L.; GALYEAN, M. L.; OWENS, F. N. Metabolizable energy requirements of lactating goats. **Small Rumin. Res.**, v. 53, p. 253–273, 2004.

PAULINO, P. V. R.; COSTA, M. A. L.; VALADARES FILHO, S. C.; PAULINO, M. F.; VALADARES, R. F. D.; MAGALHÃES, K. A.; PORTO, M. O.; ANDREATTA, K. Exigências nutricionais de zebuínos: proteína. **R. Bras. Zootec.**, v. 33, p. 759-769, 2004a.

PAULINO, P. V. R.; COSTA, M. A. L.; VALADARES FILHO, S. C.; PAULINO, M. F.; VALADARES, R. F. D.; MAGALHÃES, K. A.; MORAES, E. H. B. K.; PORTO, M. O.; ANDREATTA, K. Exigências nutricionais de zebuínos: energia. **R. Bras. Zootec.**, v. 33, p. 781-791, 2004b.

PORTILHO, F. P.; VITTI, D. M. S. S.; ABDALLA, A. L.; McMANUS, C. M.; REZENDE, M. J. M.; LOUVANDINI, H. Minimum phosphorus requirement for Santa Ines lambs reared under tropical conditions. **Small Rumin. Res.**, v. 63, p. 170–176, 2006.

PULINA, G.; BETTATI, T.; SERRA, F. A.; CANNAS, A. Razio-O: costruzione e validazione di un software per l'alimentazione degli ovini da latte. *In*: ATTI CONGRESSO NAZIONALE DELLA SOCIETÀ ITALIANA DI PATOLOGIA E DI ALLEVAMENTO DEGLI OVINI E DEI CAPRINI, 1996, Varese. **Proceedings...** Varese: SIPAOC, 1996. p.11-14.

RÊGO, A. C.; OLIVEIRA, M. D. S.; SIGNORETTI, R. D.; DIB, V.; ALMEIDA, G. B. S. Comportamento ingestivo de vacas leiteiras alimentadas com silagem de milho ou milho. **Biosci. J.**, v. 30, p. 1149-1157, 2014.

RESENDE, K. T.; SILVA, H. G. O.; LIMA, L. D.; TEIXEIRA, I. A. M. A. Avaliação das exigências nutricionais de pequenos ruminantes pelos sistemas de alimentação recentemente publicados. **R. Bras. Zootec.**, v. 37, p. 161-177, 2008.

RESENDE, K. T.; TEIXEIRA, I. A. M. A.; FERNANDES, M. H. M. R. Metabolismo de energia. *In*: BERCHIELLI, T. T.; PIRES, A. V.; OLIVEIRA, S. G. (editores). **Nutrição de ruminantes.** Jaboticabal: Funep, 2006. p. 311-332.

SALAH, N.; SAUVANT, D.; ARCHIMÈDE, H. Nutritional requirements of sheep, goats and cattle in warm climates: a meta-analysis. **Animal.**, v. 8, p. 1439–1447, 2014.

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

SILVA, J. F. C.; LEÃO, M. I. **Fundamentos de nutrição de ruminantes.** Piracicaba: Livrocercos, 1979.

- STARLING, J. M. C.; SILVA, R. G.; NEGRÃO, J. A.; MAIA, A. S. C.; BUENO, A. R. Variação estacional dos hormônios tireoideanos e do cortisol em ovinos em ambiente tropical. **R. Bras. Zootec.**, v. 34, p. 2064-2073, 2005.
- TAYLOR, C. S.; THEISSEN, R. B.; MURRAY, J. Inter-breed relationship of maintenance efficiency to milk yield in cattle. **Anim. Prod.**, v. 43, p. 37-61, 1986.
- TAYLOR, C. S.; TURNER, H. G.; YOUNG, G. B. Genetic control of equilibrium maintenance efficiency in cattle. **Anim. Prod.**, v. 33, p. 179-194, 1981.
- TEDESCHI, L. O.; CANNAS, A.; FOX, D. G. A nutrition mathematical model to account for dietary supply and requirements of energy and nutrients for domesticated small ruminants: the development and evaluation of the Small Ruminant Nutrition System. **R. Bras. Zootec.**, v. 37, p. 178-190, 2008.
- TEDESCHI, L. O.; FOX, D. G.; SAINZ, R. D.; BARIONI, L. G.; MEDEIROS, S. R.; BOIN, C. Mathematical models in ruminant nutrition. **Sci. Agric.**, v. 62, p. 76-91, 2005.
- VALADARES FILHO, S. C.; PAULINO, P. V. R.; MAGALHÃES, K. A.; PAULINO, M. F.; DETMANN, E.; PINA, D. S.; AZEVÊDO, J. A. G. Tabelas de composição de alimentos e exigências nutricionais de zebuínos: dados brasileiros. *In*: V SIMPÓSIO DE PRODUÇÃO DE GADO DE CORTE, 2006, Viçosa. **Anais...Viçosa**: UFV, 2006. p. 47-80.
- VAN SOEST, P. J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2. ed. Ithaca: Cornell University Press, 1994.
- VIEIRA, P. A. S.; PEREIRA, L. G. R.; AZEVÊDO, J. A. G.; NEVES, A. L. A.; CHIZZOTTI, M. L.; SANTOS, R. D.; ARAÚJO, G. G. L.; MISTURA, C.; CHAVES, A. V. Development of mathematical models to predict dry matter intake in feedlot Santa Ines rams. **Small Rumin. Res.**, v. 112, p. 78-84, 2013.
- YÁÑEZ, E. A.; RESENDE, K. T.; FERREIRA, A. C. D.; PEREIRA FILHO, J. M.; SILVA SOBRINHO, A. G.; TEIXEIRA, I. A. M. A.; MEDEIROS, A. N. Restrição alimentar em caprinos: rendimento, cortes comerciais e composição da carcaça. **R. Bras. Zootec.**, v. 35, p. 2093-2100, 2006.

2 META-ANÁLISE DO CONSUMO DE MATÉRIA SECA E DO CONSUMO DE FIBRA INSOLÚVEL EM DETERGENTE NEUTRO DE OVINOS DESLANADOS CRIADOS EM REGIÕES TROPICAIS

RESUMO

Conhecer o consumo de matéria seca (CMS) é a primeira etapa para a formulação adequada de uma ração. O objetivo neste estudo foi estimar, por meio de modelos matemáticos, o CMS e o consumo de fibra insolúvel em detergente neutro (CFDN) de ovinos deslanados criados em regiões tropicais. Para estimar os parâmetros das equações, realizou-se uma meta-análise de 12 experimentos independentes de desempenho, totalizando 394 unidades experimentais (animais), os quais foram conduzidos em condições tropicais, utilizando ovinos deslanados nas fases de crescimento e terminação e dotados das seguintes informações quantitativas: teor de fibra insolúvel em detergente neutro (FDN) na dieta, peso corporal (PC), ganho de peso corporal (GPC), CMS e CFDN de cada animal. As equações de regressão obtidas foram:

$$CMS_{(g/dia)} = 83,1978(\pm 76,4551) + 1,3246(\pm 0,2775) \times GPC_{(g/dia)} + 23,1901(\pm 4,7486) \times PC_{(kg)}; \quad CMS_{(%PC)} = 3,0075(\pm 0,1455) + 0,004061(\pm 0,001211) \times GPC_{(g/dia)};$$

$$CMS_{(g/dia)} = 398,83(\pm 160,99) + 27,5131(\pm 6,6128) \times FDN_{(%)} - 0,3608(\pm 0,07174) \times FDN_{(%)^2}; \quad CFDN_{(g/dia)} = -257,56(\pm 49,9512) + 22,8960(\pm 2,4683) \times FDN_{(%)} - 0,1759(\pm 0,02716) \times FDN_{(%)^2}.$$

O CFDN em função do teor de FDN na dieta apresentou comportamento quadrático, cujo ponto de máximo CFDN (487,50 g/dia) foi obtido no nível de 65,08% de FDN na dieta. O CMS em função do teor de FDN na dieta também apresentou comportamento quadrático, cujo ponto de máximo CMS (923,34 g/dia) foi obtido no nível de 38,13% de FDN na dieta. Considerando um GPC de 100 g/dia, o CMS variou de 447,6 a 1143,3 g/dia para animais com PC variando de 10 a 40 kg, respectivamente. Os valores de CMS foram, de modo geral, inferiores àqueles reportados pelos sistemas NRC e AFRC. Assim, os resultados deste estudo sustentam a hipótese de que o CMS de ovinos deslanados criados em regiões tropicais é inferior aqueles reportados pelos comitês tradicionais de exigências nutricionais de ovinos. Portanto, é recomendável o uso das equações apresentadas neste estudo para ovinos deslanados criados em regiões tropicais.

Palavras-chave: Ingestão voluntária. Cordeiros. Desempenho.

ABSTRACT

To know the dry matter intake (DMI) is the first step for the adequate formulation of a ration. The objective in this study was to estimate, through mathematical models, the DMI and the insoluble neutral detergent fiber intake (NDFI) of hair sheep raised in tropical regions. To estimate the equation parameters, a meta-analysis of 12 independent experiments of performance, comprising a total of 394 experimental units (animals), which were conducted in tropical conditions, using hair sheep in the growing and finishing phases and endowed of the following quantitative information: insoluble neutral detergent fiber (NDF) dietary, body weight (BW), average daily gain (ADG), DMI and NDFI of each animal was performed. The regression equations obtained were: $DMI_{(g/day)} = 83.1978(\pm 76.4551) + 1.3246(\pm 0.2775) \times ADG_{(g/day)} + 23.1901(\pm 4.7486) \times BW_{(kg)}$; $DMI_{(%BW)} = 3.0075(\pm 0.1455) + 0.004061(\pm 0.001211) \times ADG_{(g/day)}$; $DMI_{(g/day)} = 398.83(\pm 160.99) + 27.5131(\pm 6.6128) \times NDF_{(%)}$ – $0.3608(\pm 0.07174) \times NDF_{(%)}$; $NDFI_{(g/day)} = -257.56(\pm 49.9512) + 22.8960(\pm 2.4683) \times NDF_{(%)}$ – $0.1759(\pm 0.02716) \times NDF_{(%)}$. The NDFI as a function of NDF content in the diet showed a quadratic behavior, whose point of maximum NDFI (487.50 g/day) was obtained at the level of 65.08% of NDF in the diet. The DMI as a function of NDF content in the diet also showed a quadratic behavior, whose point of maximum DMI (923.34 g/day) was obtained at the level of 38.13% of NDF in the diet. Considering an ADG of 100 g, the DMI ranged from 447.6 to 1143.3 g/day for animals with BWs ranging from 10 to 40 kg, respectively. The DMI values were, in general, lower than those reported by the NRC and AFRC systems. Thus, the results of this study support the hypothesis that DMI of hair sheep raised in tropical regions is lower than those reported by traditional committees nutrient requirements of sheep. Therefore, we recommend the use of the equations presented in this study for hair sheep raised in tropical regions.

Keywords: Lambs. Performance. Voluntary intake.

INTRODUÇÃO

O consumo de alimentos é uma das variáveis mais importantes para a nutrição, pois define a quantidade de nutrientes ingeridos, o que determina assim a resposta do animal (VAN

SOEST, 1994). Entretanto, o consumo e a digestibilidade dos alimentos variam em função das características do alimento, do animal e do ambiente alimentar (MERTENS, 1987). Como exemplo, alimentos com baixa digestibilidade frequentemente limitam o consumo de matéria seca (CMS) devido à distensão do trato gastrointestinal, particularmente rumén-retículo (BORGES; GONÇALVES; GOMES, 2009). Com relação às características do animal, as preferências e aversões inatas, bem como as experiências anteriores e o suprimento de nutrientes podem levar o animal a optar por certos alimentos (FORBES, 2007; SILVA, 2006). No que diz respeito às características do ambiente, sabe-se que animais expostos a ambientes com temperaturas elevadas (temperatura ambiental efetiva acima da temperatura crítica superior da zona termoneutra) apresentam redução no consumo de alimentos (NRC, 2000). Por outro lado, animais expostos a ambientes com temperaturas baixas (temperatura ambiental efetiva abaixo da temperatura crítica inferior da zona termoneutra) apresentam aumento no consumo de alimentos em resposta a maior taxa de passagem, decorrente do aumento na motilidade intestinal (FORBES, 2007). Por essas razões, os modelos de consumo, desenvolvidos em países temperados, cujos genótipos, dietas e clima diferem daqueles encontrados em regiões tropicais, devem ser aplicados com cautela para animais criados em regiões tropicais.

Atualmente, existe apenas um trabalho disponível na literatura que utilizou a meta-análise para estimar o CMS de ovinos deslanados criados em regiões tropicais, o de Vieira *et al.* (2013). Entretanto, Vieira *et al.* (2013) utilizaram um número relativamente pequeno de observações ($n = 100$). Além disso, os autores utilizaram somente animais adultos e estimaram apenas o CMS total, não fazendo nenhuma consideração sobre o consumo de fibra. Sabe-se que a fibra tem um importante papel sobre o consumo de alimentos, podendo limitá-lo devido à distensão do trato gastrointestinal. Vale salientar que, a capacidade do animal para enchimento depende do peso, do volume e da taxa de passagem da digesta. Assim, considerando que a fibra insolúvel em detergente neutro (FDN) fermenta e passa mais lentamente através do rumen-retículo do que os demais constituintes dietéticos, esta apresenta também um efeito de enchimento sobre o tempo maior, sendo considerada um dos melhores preditores químicos do CMS (ALLEN, 1996), especialmente sob condições tropicais utilizando dietas ricas em forragem.

Portanto, diante do exposto, o objetivo neste estudo foi estimar, por meio de modelos matemáticos, o CMS e o consumo de fibra insolúvel em detergente neutro (CFDN) de ovinos deslanados criados em regiões tropicais, utilizando a meta-análise como ferramenta estatística para estimar os parâmetros das equações. A hipótese é que o CMS de ovinos deslanados criados

em regiões tropicais é inferior aqueles reportados pelos comitês tradicionais de exigências nutricionais de ovinos (AFRC, 1993; NRC, 2007).

MATERIAL E MÉTODOS

A aprovação do comitê de ética no uso de animais não foi necessária neste estudo, visto que os dados foram coletados a partir de fontes publicadas anteriormente.

CrITÉrios para inclusão dos estudos

Para estimar os parâmetros das equaes, realizou-se uma meta-análise de 12 experimentos independentes de desempenho (totalizando 394 unidades experimentais), os quais foram conduzidos em condies tropicais, utilizando ovinos deslanados nas fases de crescimento e terminao e dotados das seguintes informaes quantitativas: teor de fibra insolúvel em detergente neutro (FDN) na dieta, peso corporal (PC), ganho de peso corporal (GPC), CMS e CFDN de cada animal. O sumário dos estudos e a análise descritiva das variáveis utilizadas na meta-análise para desenvolver as equaes de predio do CMS e CFDN de ovinos deslanados criados nos trópicos estão apresentados nas Tabelas 1 e 2, respectivamente. Não foi possível testar os efeitos das fontes de variao (classe sexual, genótipo e sistema de criao) sobre o CMS e o CFDN devido ao fato de cada estudo conter apenas um tipo de sexo, genótipo e sistema de criao, demonstrando que, apesar do avanço apresentado neste estudo, mais estudos devem ser conduzidos para estimar o CMS e o CFDN de ovinos deslanados criados em regiões tropicais, de acordo com essas fontes de variao. Apenas dois estudos apresentaram as três classes sexuais, entretanto o número de repeties foi baixo ($n = 25$).

Tabela 1 - Sumário dos estudos utilizados na meta-análise para desenvolver as equações de predição dos consumos de matéria seca e fibra insolúvel em detergente neutro de ovinos deslanados criados nos trópicos

Referência	n ¹	CS ²	Genótipo	SC ³	Idade (Meses)	IP ⁴ (kg)	Tratamentos
Oliveira (2012)	29	I	Santa Inês	C	2	10,5 - 33,5	2,2; 2,5; 2,7; 2,6 e 2,9 Mcal EM/kg MS ⁵
Regadas Filho (2009)	19	I	Santa Inês	C	2	9,2 - 34,7	2,1; 2,3; 2,5 e 2,7 Mcal EM/kg MS
Costa (2012)	39	I	Morada Nova	C	2	9,0 - 31,6	1,2; 1,6; 2,1; 2,5 e 3,0 Mcal EM/kg MS
Fontenele (2014)	39	I	Somalis Brasileira	C	2	10,3 - 35,7	1,3; 2,1; 2,2; 2,4 e 2,7 Mcal EM/kg MS
Pereira (2011)	24	I	Santa Inês	C	9	28,1 - 47,3	0, 30 e 60% de restrição alimentar
Santos (2006)	24	C	Santa Inês	P	3-4	14,2 - 29,4	0, 1,0 e 1,5% do peso corporal de suplementação
Santos (2011)	36	I	SRD ⁶	C	-	17,7 - 41,75	Controle, 50 e 100% de inclusão de farelo de mamona na forma seca e úmida
Rodrigues (2013)	43	I, C, F	SRD	C	5	11,2 - 33,6	0, 70 e 80% de restrição alimentar
Dados não publicados 1	35	I, C, F	Santa Inês	C	4-5	13,1 - 38,2	0, 30 e 60% de restrição alimentar
Dados não publicados 2	29	I, C	Santa Inês	C	2	12,0 - 33,2	0, 30 e 60% de restrição alimentar
Novaes (2015)	43	I	Dorper x Santa Inês	SE	0,5	3,4 - 23,0	Controle, creep-feeding com 0, 33, 67 e 100% de inclusão de farelo de mamona destoxificado
Rufino (2011)	34	I	SRD	C	-	14,3 - 42,8	0, 33, 67 e 100% de inclusão de levedura seca inativa

¹n = número de unidades experimentais (animais); ²CS = classe sexual (I = inteiro, C = castrado e F = fêmea); ³SC = sistema de criação (C = confinado, P = pastejo e SE = semiextensivo); ⁴IP = intervalo de peso; ⁵Níveis de energia metabolizável (EM) por kg de matéria seca (MS); ⁶SRD = sem raça definida.

Tabela 2 - Estatística descritiva das variáveis utilizadas na meta-análise para desenvolver as equações de predição dos consumos de matéria seca e fibra insolúvel em detergente neutro de ovinos deslanados criados nos trópicos

Variáveis	n ¹	Mínimo	Máximo	Média	DP ²
Peso corporal médio (kg)	394	4,26	43,47	20,66	6,48
Ganho de peso corporal (g/dia)	391	-100,86	365,88	115,00	78,28
Fibra insolúvel em detergente neutro (%MS)	394	25,50	79,10	43,83	12,68
Consumo de matéria seca (g/dia)	392	91,14	1411,21	662,89	291,01
Consumo de matéria seca (%PC)	392	0,53	6,32	3,19	0,98
³ CFDN (g/dia)	392	37,53	596,73	277,23	114,90

¹n = número de unidades experimentais (animais); ²DP = desvio padrão; ³CFDN = consumo de fibra insolúvel em detergente neutro.

Estimativa das variáveis

Os modelos matemáticos utilizados para estimar o CMS e o CFDN (expressos em g/dia e em % do PC) incluíram as variáveis PC, GPC e FDN, conforme apresentado nas equações 1, 2, 3 e 4. Quando o modelo não convergiu para qualquer uma das estruturas de variância-covariância (VC, UN e ARH (1)) no PROC MIXED do SAS, um modelo de regressão linear foi utilizado.

$$CMS_{(g/dia)} = \beta_0 + \beta_1 \times GPC + \beta_2 \times GPC^2 + \beta_3 \times PC + \beta_4 \times PC^2 \quad (1)$$

$$CMS_{(%PC)} = \beta_0 + \beta_1 \times GPC + \beta_2 \times GPC^2 + \beta_3 \times PC + \beta_4 \times PC^2 \quad (2)$$

$$CMS_{(g/dia)} = \beta_0 + \beta_1 \times FDN + \beta_2 \times FDN^2 \quad (3)$$

$$CFDN_{(g/dia)} = \beta_0 + \beta_1 \times FDN + \beta_2 \times FDN^2 \quad (4)$$

onde CMS = consumo de matéria seca; CFDN = consumo de fibra insolúvel em detergente neutro; GPC = ganho de peso corporal (g/dia); PC = peso corporal (kg); FDN = teor de fibra insolúvel em detergente neutro na dieta (% MS); β_0 , β_1 , β_2 , β_3 e β_4 = coeficientes das equações de regressão. Para estimar os parâmetros dessas equações, apenas os dados de animais alimentados acima do nível de manutenção foram utilizados.

Análise estatística

A meta-análise foi realizada conforme sugerido por St-Pierre (2001). Um modelo de coeficientes aleatórios foi utilizado, considerando o estudo como efeito aleatório e incluindo uma possível covariância entre o coeficiente angular e o intercepto. Foram testados 3 tipos de estruturas de variância-covariância: Variance Components (VC), Unstructured (UN) e Autoregressive Heterogeneous (ARH (1)). O Akaike's Information Criteria (AIC) dessas estruturas de variância-covariância foi utilizado para definir o melhor modelo.

O parâmetro de covariância foi considerado diferente de zero quando P-valor foi menor que 0,10. Os outliers foram removidos quando os resíduos de Student foram maiores que 2 ou menores que -2. Quando o Cook's distance (COOK; WEISBERG, 1982) foi maior que 1, o estudo foi removido do banco de dados. Os níveis de significância assumidos para os efeitos fixos e aleatórios foram de 0,05 e 0,20, respectivamente. Todos os procedimentos estatísticos foram realizados por meio do PROC MIXED do SAS versão 9.2.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Consumo de matéria seca

As estimativas do CMS neste estudo foram expressas em g/dia e em % do PC. Os modelos de predição do CMS incluíram as variáveis GPC e PC dos animais experimentais, conforme apresentado nas equações 5 e 6 e o teor de FDN na dieta (% MS), conforme apresentado na figura 1. De acordo com Van Soest (1994), o consumo de alimentos em função do PC pode ser ajustado a partir de duas expressões matemáticas: o consumo de alimentos por unidade de tamanho corporal metabólico ($PC^{0,75}$) e o consumo de alimentos em porcentagem do PC. A primeira expressão baseia-se na hipótese de que as exigências metabólicas estão relacionadas ao tamanho metabólico. A segunda expressão matemática é mais direta, mais fácil de utilizar e é favorecida por aqueles que vêm pouca vantagem em relacionar o comportamento ingestivo com o tamanho corporal metabólico.

$$CMS_{(g/dia)} = 83,1978(\pm 76,4551) + 1,3246(\pm 0,2775) \times GPC + 23,1901(\pm 4,7486) \times PC \quad (5)$$

(n = 257; $\sigma_e^2 = 4425,17$; P-valor $\beta_0 = 0,2998$, $\beta_1 = 0,0006$ e $\beta_2 = 0,0005$)

$$CMS_{(\% PC)} = 3,0075(\pm 0,1455) + 0,004061(\pm 0,001211) \times GPC \quad (6)$$

(n = 259; $\sigma_e^2 = 0,1511$; P-valor $\beta_0 < 0,0001$ e $\beta_1 = 0,0064$)

onde CMS = consumo de matéria seca; GPC = ganho de peso corporal (g/dia); PC = peso corporal (kg).

Os valores de CMS, estimados a partir da equação 5, foram, de modo geral, inferiores aos valores reportados pelo AFRC (1993) e NRC (2007) (Tabela 3). Como mencionado anteriormente, essa diferença está associada ao fato de que, em ambientes com temperaturas elevadas, a ingestão de alimentos decresce, enquanto que, em ambientes com temperaturas baixas, a ingestão de alimentos aumenta devido a uma maior motilidade do trato gastrointestinal, a qual aumenta a taxa de passagem dos alimentos (FORBES, 2007; NRC, 2007) e ambos os sistemas, AFRC (1993) e NRC (2007), utilizam dados de animais criados em regiões temperadas. Assim, espera-se que o CMS de animais criados em regiões tropicais seja menor que o CMS de animais criados em regiões temperadas. Além disso, essa diferença demonstra que os ovinos deslanados criados em regiões tropicais apresentam maior eficiência alimentar quando comparados aos ovinos lanados criados em regiões temperadas, visto que,

para o mesmo ganho, os valores de CMS deste estudo foram inferiores aos reportados pelos sistemas.

Os resultados deste estudo foram inferiores aos obtidos utilizando a equação proposta por Vieira *et al.* (2013) (Tabela 3). No entanto, o banco de dados utilizado por esses autores foi composto de animais adultos, enquanto, neste estudo, o banco de dados foi composto basicamente de animais em crescimento. Naturalmente, animais adultos apresentam maior CMS quando comparados a animais em crescimento. Assim, espera-se que o CMS, estimado a partir da equação proposta pelo autor supracitado, seja maior que o CMS estimado a partir da equação 5. Por outro lado, os valores de CMS, estimados a partir das equações propostas por Cannas *et al.* (2004), foram inferiores aos deste estudo (Tabela 3). Todavia, o sistema CNCPS-S, assim como o NRC (2007), inclui a variável “peso a maturidade” no modelo de predição do CMS, o que poderia justificar parte das diferenças observadas, uma vez que essa variável não foi incluída na equação 5. Vale ressaltar que, para estimar o CMS utilizando as equações propostas por Cannas *et al.* (2004), foi utilizado um valor de peso a maturidade de 45 kg, conforme sugerido por Vieira *et al.* (2013).

Tabela 3 – Predição dos consumos de matéria seca de ovinos deslançados criados em regiões tropicais, utilizando as equações ajustadas e comparação com os dados da literatura

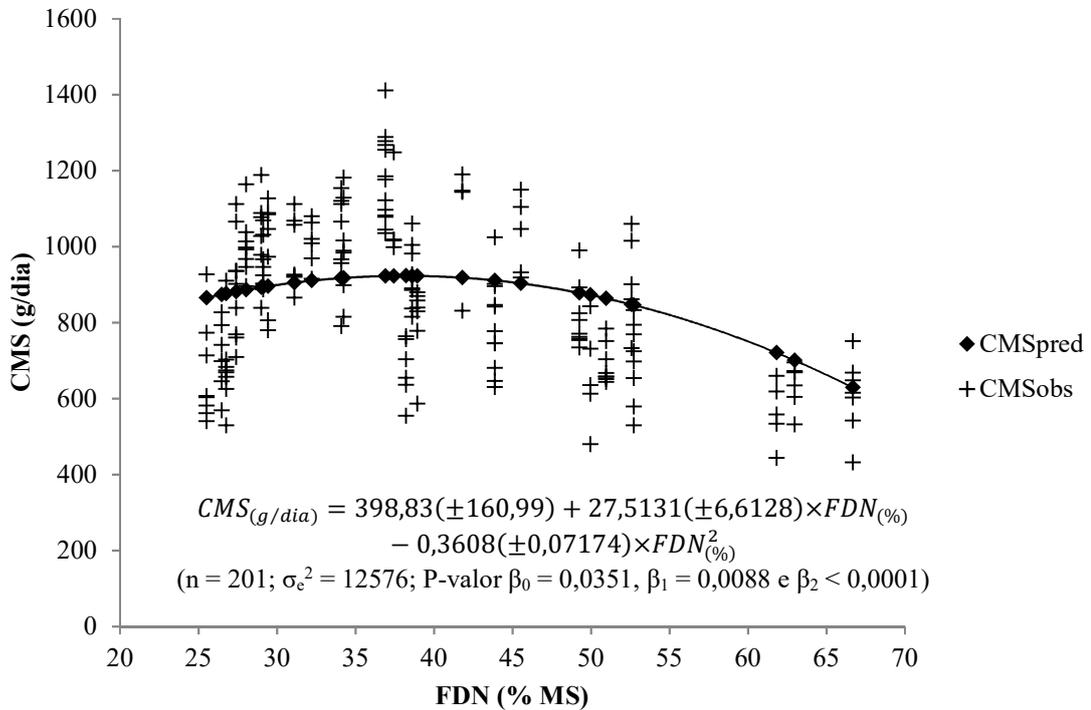
PC ¹ (kg)	GPC ² (g/dia)	CMS ³ (%PC)	CMS (g/dia)				
			Equação 5 ⁴	NRC (2007)	AFRC (1993)	Cannas <i>et al.</i> (2004)	Vieira <i>et al.</i> (2013)
10	100	3,4	447,6	-	-	392,7	526,1
10	200	3,8	580,0	-	-	507,1	613,1
10	300	4,2	712,5	-	-	611,5	700,1
20	100	3,4	679,5	630,0	700,0	650,1	809,0
20	200	3,8	811,9	830,0	1000,0	749,5	896,0
20	300	4,2	944,4	1200,0	-	840,3	983,0
30	100	3,4	911,4	-	900,0	885,0	1091,9
30	200	3,8	1043,8	1200,0	1400,0	980,5	1178,9
30	300	4,2	1176,3	1250,0	-	1067,7	1265,9
40	100	3,4	1143,3	-	1200,0	1115,1	1374,8
40	200	3,8	1275,7	-	1900,0	1220,9	1461,8
40	300	4,2	1408,2	1290,0	-	1317,5	1548,8

¹PC = peso corporal; ²GPC = ganho de peso corporal; ³CMS = consumo de matéria seca estimado a partir da equação 6 ($CMS = 3,0075(\pm 0,1455) + 0,004061(\pm 0,001211) \times GPC$); ⁴Consumo de matéria seca estimado a partir da equação 5 ($CMS = 83,1978(\pm 76,4551) + 1,3246(\pm 0,2775) \times GPC + 23,1901(\pm 4,7486) \times PC$).

O CMS em função do teor de FDN na dieta (Gráfico 1) apresentou comportamento quadrático, cujo ponto de máximo CMS (923,34 g/dia) foi obtido no nível de 38,13% de FDN na dieta. Dessa forma, o CMS aumenta até o nível de 38,13% de FDN na dieta em resposta a demanda energética do animal, mas, a partir desse ponto, o CMS decresce em resposta à

distensão rumino-reticular e ao tempo gasto com a ruminação. Algumas evidências apontam que a distensão provocada pelo volume e peso da dieta é detectada por receptores de tensão localizados no epitélio ruminal (SILVA, 2006), afetando negativamente a ingestão de alimentos. A fibra tem um importante papel sobre a regulação do consumo de alimentos. Como mencionado anteriormente, a FDN fermenta e passa mais lentamente através do rúmen-retículo do que os outros constituintes dietéticos, causando assim maior efeito de enchimento e limitando o CMS devido à distensão do rúmen-retículo (ALLEN, 1996). Além disso, o processo de ruminação aumenta com a elevação no consumo de parede celular, o qual pode competir com o tempo gasto para alimentação (BORGES; GONÇALVES; GOMES, 2009). Hübner *et al.* (2007) reportaram um CMS máximo (2165,78 g/dia) para o nível de 42,77% de FDN na dieta para ovelhas multíparas em lactação. Por outro lado, Cardoso *et al.* (2006) reportaram uma redução linear no CMS com o aumento nos níveis de FDN (25, 31, 37 e 43%) na dieta para cordeiros não castrados cruzados Ile de France x Texel. Entretanto, o volumoso utilizado nas dietas experimentais foi a silagem de sorgo, enquanto, neste estudo, o volumoso mais utilizado nas dietas experimentais foi o feno de capim Tifton-85 (*Cynodon* sp.) (50% do banco de dados). De acordo com Valadares Filho *et al.* (2016), a digestibilidade da FDN da silagem de sorgo e do feno de capim Tifton-85 correspondem à 37,32% e 63,98%, respectivamente. Portanto, é provável que a redução linear no CMS com o aumento dos níveis de FDN na dieta reportada por Cardoso *et al.* (2006), cujo comportamento é contrário ao deste estudo, esteja associada à menor digestibilidade da FDN da silagem de sorgo. A menor digestibilidade dos colmos, bem como as diferentes proporções entre colmos, folhas e panículas e os respectivos valores nutritivos destas frações afetam a digestibilidade das silagens de sorgo (FARIA JR *et al.*, 2009). De acordo com o NRC (2007), quando a digestibilidade da dieta é reduzida, o consumo potencial de alimentos também é reduzido.

Gráfico 1 - Consumo de matéria seca predito e observado (CMSpred, CMSobs) de ovinos deslançados criados em regiões tropicais em função do teor de fibra insolúvel em detergente neutro (FDN) na dieta.



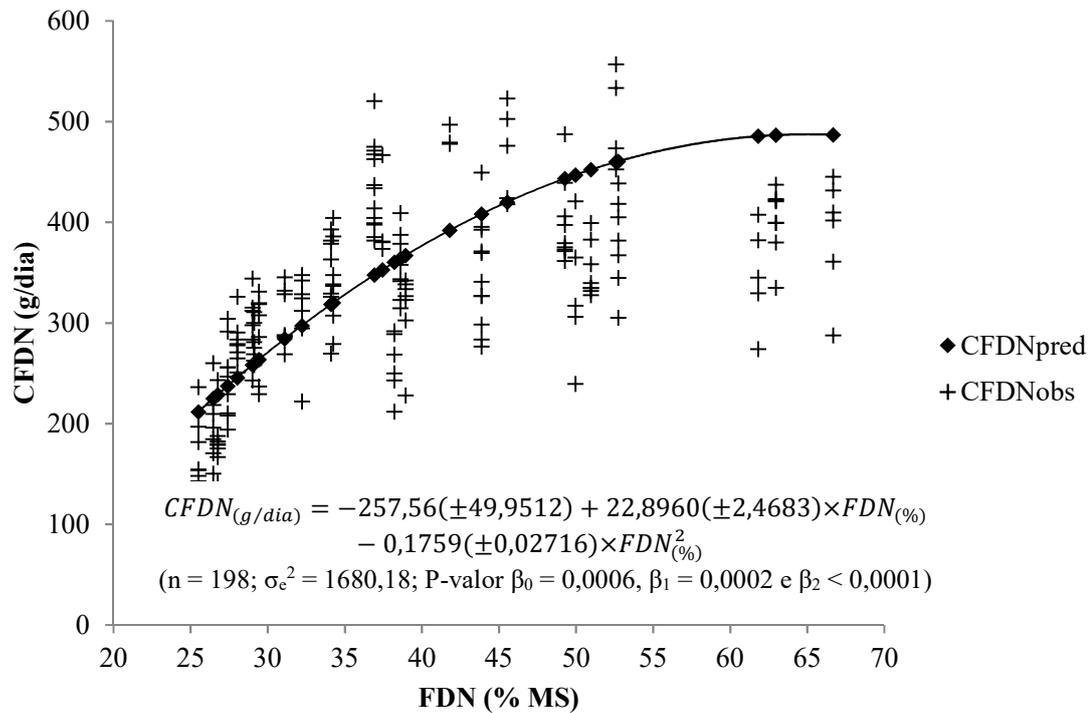
Fonte: elaborado pela autora.

Consumo de fibra insolúvel em detergente neutro

O CFDN em função do teor de FDN na dieta (Gráfico 2) apresentou comportamento quadrático, cujo ponto de máximo CFDN (487,50 g/dia) foi obtido no nível de 65,08% de FDN na dieta. Naturalmente, o CFDN aumenta até o nível de 65,08% de FDN na dieta em resposta a elevação nos níveis de FDN na dieta. Nessa etapa, o aumento no consumo de fibra tem a finalidade de atender a demanda energética do animal. Entretanto, a partir desse ponto, o CFDN decresce em resposta ao efeito de enchimento (SILVA, 2006). De acordo com Mertens (1987), a FDN é altamente relacionada com o efeito de enchimento, enquanto os constituintes solúveis do alimento contribuem muito pouco. Vale ressaltar que, o rúmen e o retículo são os principais compartimentos do trato gastrointestinal em que a distensão costuma limitar o consumo (ALLEN, 1996). Hübner *et al.* (2007) reportaram um CFDN máximo (1037,67 g/dia) para o nível de 49,33% de FDN na dieta de ovelhas múltiparas em lactação. Dessa forma, é provável que essa variação esteja relacionada à diferença na demanda energética entre machos e fêmeas. Cardoso *et al.* (2006), por sua vez, reportaram um aumento linear no CFDN com o aumento nos níveis de FDN na dieta. Entretanto, esses autores utilizaram um nível máximo de FDN na

dieta de 43% da MS, o qual está bem abaixo do valor máximo obtido neste estudo (65,08%) e, por essa razão, o CFDN comportou-se de forma linear crescente.

Gráfico 2 - Consumo de fibra insolúvel em detergente neutro predito e observado (CFDN_{pred}, CFDN_{obs}) de ovinos deslanados criados em regiões tropicais em função do teor de FDN na dieta.



Fonte: elaborado pela autora.

A predição do CMS de animais em condições de pastejo é bastante complicada, haja vista a heterogeneidade e a variabilidade na quantidade disponível de forragem, além do comportamento seletivo dos animais. As equações de predição do CMS e do CFDN apresentadas neste estudo foram desenvolvidas principalmente a partir de animais em confinamento, o que minimiza os erros de predição, uma vez que as condições de alimentação são controladas. Portanto, as equações aqui desenvolvidas são aplicáveis prioritariamente para animais deslanados, em crescimento, criados em condições tropicais e em sistema de confinamento.

CONCLUSÕES

Os resultados deste estudo sustentam a hipótese de que o CMS de ovinos deslanados criados em regiões tropicais é inferior aqueles reportados pelos comitês tradicionais de

exigências nutricionais de ovinos. Dessa forma, recomenda-se o uso das seguintes equações para estimar o CMS de ovinos deslanados criados em regiões tropicais: $CMS_{(g/dia)} = 83,1978(\pm 76,4551) + 1,3246(\pm 0,2775) \times GPC_{(g/dia)} + 23,1901(\pm 4,7486) \times PC_{(kg)}$; $CMS_{(%PC)} = 3,0075(\pm 0,1455) + 0,004061(\pm 0,001211) \times GPC_{(g/dia)}$; $CMS_{(g/dia)} = 398,83(\pm 160,99) + 27,5131(\pm 6,6128) \times FDN_{(%)}$ - $0,3608(\pm 0,07174) \times FDN_{(%)}$.

REFERÊNCIAS

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

ALLEN, M. S. Physical constraints on voluntary intake of forages by ruminants. **J. Anim. Sci.**, v. 74, p. 3063-3075, 1996.

BORGES, A. L. C. C.; GONÇALVES, L. C.; GOMES, S. P. Regulação da ingestão de alimentos. *In*: GONÇALVES, L. C.; BORGES, I.; FERREIRA, P. D. S. (editores). **Alimentação de gado de leite**. Belo Horizonte: FEPMVZ, 2009. p. 1-25.

CANNAS, A.; TEDESCHI, L. O.; FOX, D. G.; PELL, A. N.; VAN SOEST, P. J. A mechanistic model for predicting the nutrient requirements and feed biological values for sheep. **J. Anim. Sci.**, v. 82, p. 149-169, 2004.

CARDOSO, A. R.; PIRES, C. C.; CARVALHO, S.; GALVANI, D. B.; JOCHIMS, F.; HASTENPFLUG, M.; WOMMER, P. Consumo de nutrientes e desempenho de cordeiros alimentados com dietas que contêm diferentes níveis de fibra em detergente neutro. **Cienc. Rural.**, v. 36, p. 215-221, 2006.

COOK, R. D.; WEISBERG, S. **Residuals and influence in regression**. New York: Chapman & Hall, 1982.

COSTA, M. R. G. F. **Exigências nutricionais de cordeiros deslanados e validação do modelo Small Ruminant Nutrition System (SRNS)**. 2012. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2012.

FARIA JR, W. G.; GONÇALVES, L. C.; PIRES, D. A. A.; RODRIGUES, J. A. S.; RAMIREZ, M. A. Silagem de sorgo para gado de leite. *In*: GONÇALVES, L. C.; BORGES, I.; FERREIRA, P. D. S. (editores). **Alimentos para gado de leite**. Belo Horizonte: FEPMVZ, 2009. p. 43-64.

FONTENELE, R. M. **Exigências nutricionais de cordeiros da raça Somalis Brasileira**. 2014. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2014.

FORBES, J. M. **Voluntary food intake and diet selection in farm animals**. 2. ed. Wallingford: CAB International, 2007.

HÜBNER, C. H.; PIRES, C. C.; GALVANI, D. B.; CARVALHO, S.; WOMMER, T. P. Consumo de nutrientes, produção e composição do leite de ovelhas alimentadas com dietas contendo diferentes níveis de fibra em detergente neutro. **R. Bras. Zootec.**, v. 36, p. 1882-1888, 2007.

MERTENS, D. R. Predicting intake and digestibility using mathematical models of ruminal function. **J. Anim. Sci.**, v. 64, p. 1548-1558, 1987.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of beef cattle**. 7. ed. Washington: National Academies Press, 2000.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of small ruminants**. Washington: National Academies Press, 2007.

NOVAES, M. A. S. **Suplementação de cordeiros em creep-feeding com dietas contendo farelo de mamona destoxificado**. 2015. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2015.

OLIVEIRA, A. P. **Requerimentos nutricionais de cordeiros Santa Inês com peso corporal de 14 a 28 kg**. 2012. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2012.

PEREIRA, G. M. **Exigências de proteína e energia de carneiros Santa Inês na região semiárida brasileira**. 2011. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Centro de Saúde e Tecnologia Rural, Universidade Federal de Campina Grande, Patos, 2011.

REGADAS FILHO, J. G. L. **Exigências energéticas e proteicas de ovinos Santa Inês em crescimento**. 2009. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2009.

RODRIGUES, R. T. S. **Desempenho e exigências de energia e proteína de cordeiros sem padrão racial definido de diferentes classes sexuais**. 2013. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Vale do São Francisco, Petrolina, 2013.

RUFINO, L. D. A. **Substituição do farelo de soja por levedura seca inativa em dietas de ovinos**. 2011. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2011.

SANTOS, E. M. **Estimativa de consumo e exigências nutricionais de proteína e energia de ovinos em pastejo no semiárido**. 2006. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Centro de Saúde e Tecnologia Rural, Universidade Federal de Campina Grande, Patos, 2006.

SANTOS, T. R. **Farelo de mamona tratado com óxido de cálcio, fornecido seco ou úmido para cordeiros**. 2011. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2011.

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

ST-PIERRE, N. R. Invited review: integrating quantitative findings from multiple studies using mixed model methodology. **J. Dairy Sci.**, v. 84, p. 741–755, 2001.

VALADARES FILHO, S. C.; MACHADO, P. A. S.; CHIZZOTTI, M. L.; AMARAL, H. F.; MAGALHÃES, K. A.; ROCHA JÚNIOR, V. R.; CAPELLE, E. R. **Tabelas brasileiras de composição de alimentos para bovinos (CQBAL 3.0)**. Disponível em: <<http://www.ufv.br/cqbal>>. Acesso em: 07 dez. 2016.

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

VIEIRA, P. A. S.; PEREIRA, L. G. R.; AZEVÊDO, J. A. G.; NEVES, A. L. A.; CHIZZOTTI, M. L.; SANTOS, R. D.; ARAÚJO, G. G. L.; MISTURA, C.; CHAVES, A. V. Development of mathematical models to predict dry matter intake in feedlot Santa Ines rams. **Small Rumin. Res.**, v. 112, p. 78-84, 2013.

3 META-ANÁLISE DAS EXIGÊNCIAS ENERGÉTICAS E PROTEICAS DE OVINOS DESLANADOS CRIADOS EM REGIÕES TROPICAIS

RESUMO

As exigências nutricionais são afetadas por diversos fatores, como ambiente, genótipo, classe sexual e outros. O objetivo neste estudo foi estimar, por meio de modelos matemáticos, as exigências de energia e proteína para manutenção e ganho de ovinos deslanados criados em regiões tropicais. Para estimar os parâmetros das equações, realizou-se uma meta-análise de 7 experimentos independentes de exigências nutricionais, totalizando 243 unidades experimentais (animais), os quais foram conduzidos em condições tropicais, utilizando ovinos deslanados nas fases de crescimento e terminação e dotados das seguintes informações quantitativas: peso corporal (PC), peso de corpo vazio (PCVZ), ganho de peso corporal (GPC), ganho de peso de corpo vazio (GPCVZ), produção de calor (PCI), consumo de energia metabolizável (CEM), energia retida (ER), consumo de proteína metabolizável (CPM) e conteúdo corporal de proteína bruta de cada animal. As equações de regressão obtidas foram:

$PCVZ_{(kg)} = -2,4852(\pm 0,2748) + 0,8821(\pm 0,01517) \times PC_{(kg)}$; $GPCVZ_{(kg/dia)} = -0,01875(\pm 0,004128) + 0,9671(\pm 0,02799) \times GPC_{(kg/dia)}$; Para energia líquida para manutenção (ELm): $LogPCI_{(Mcal/PCVZ^{0,75}/dia)} = -1,2305(\pm 0,07470) + 2,1543(\pm 0,3019) \times CEM_{(Mcal/PCVZ^{0,75}/dia)}$; Para energia líquida para ganho (ELg): $LogER_{(Mcal/PCVZ^{0,75}/dia)} = -0,5908(\pm 0,05334) + 0,8455(\pm 0,04355) \times LogGPCVZ_{(kg/dia)}$; Para proteína metabolizável para manutenção (PMm): $CPM_{(g/dia)} = 24,8470(\pm 7,3646) + 560,28(\pm 99,6582) \times GPCVZ_{(kg/dia)}$; Para proteína líquida para ganho (PLg): $PLg_{(kg/dia)} = 0,1941 \times PCVZ^{-0,1058}$. As exigências de ELm e energia metabolizável para manutenção foram de 0,059 e 0,094 Mcal/PCVZ^{0,75}/dia, respectivamente. Considerando um GPC de 100 g/dia, o requerimento de ELg variou de 0,118 a 0,407 Mcal/dia para animais com PC variando de 10 a 40 kg, respectivamente. As eficiências de uso da energia metabolizável para manutenção e ganho foram de 0,63 e 0,36, respectivamente. A exigência de PMm foi de 3,097 g/PCVZ^{0,75}/dia. Considerando um GPC de 100 g/dia, o requerimento de PLg variou de 12,4 a 10,5 g/dia para animais com PC variando de 10 a 40 kg, respectivamente. Os valores de exigências de energia e proteína metabolizáveis totais foram, de modo geral, inferiores àqueles reportados pelos sistemas NRC e AFRC. Assim, os resultados deste estudo sustentam a hipótese de que os requerimentos nutricionais de ovinos deslanados criados em regiões tropicais são inferiores

aqueles reportados pelos comitês tradicionais de exigências nutricionais de ovinos. Portanto, é recomendável o uso das equações apresentadas neste estudo para ovinos deslanados criados em regiões tropicais.

Palavras-chave: Equações de predição. Ovinos de corte. Requerimentos nutricionais.

ABSTRACT

Nutrient requirements are affected by several factors, such as environment, genotype, sexual class and others. The objective in this study was to estimate, through mathematical models, energy and protein requirements for maintenance and gain of hair sheep raised in tropical regions. To estimate the equation parameters, a meta-analysis of 7 independent experiments of nutrient requirements was performed, comprising a total of 243 experimental units (animals), which were conducted under tropical conditions, using hair sheep in growing and finishing phases and endowed of the following quantitative data of each animal: body weight (BW), empty body weight (EBW), average daily gain (ADG), empty body gain (EBG), heat production (HP), metabolizable energy intake (MEI), retained energy (RE), metabolizable protein intake (MPI), and body content of crude protein. The regression equations obtained were: $EBW_{(kg)} = -2.4852(\pm 0.2748) + 0.8821(\pm 0.01517) \times BW_{(kg)}$; $EBG_{(kg/day)} = -0.01875(\pm 0.004128) + 0.9671(\pm 0.02799) \times ADG_{(kg/day)}$; For net energy for maintenance (NEm): $LogHP_{(Mcal/EBW^{0.75}/day)} = -1.2305(\pm 0.07470) + 2.1543(\pm 0.3019) \times MEI_{(Mcal/EBW^{0.75}/day)}$; For net energy for gain (NEg): $LogRE_{(Mcal/EBW^{0.75}/day)} = -0.5908(\pm 0.05334) + 0.8455(\pm 0.04355) \times LogEBG_{(kg/day)}$; For metabolizable protein for maintenance (MPm): $MPI_{(g/day)} = 24.8470(\pm 7.3646) + 560.28(\pm 99.6582) \times EBG_{(kg/day)}$; For net protein for gain (NPg): $NPg_{(kg/day)} = 0.1941 \times EBW^{-0.1058}$. The requirements of NEm and metabolizable energy for maintenance were 0.059 and 0.094 Mcal/EBW^{0.75}/day, respectively. Considering an ADG of 100 g, the NEg requirement ranged from 0.118 to 0.407 Mcal/day for animals with BWs ranging from 10 to 40 kg, respectively. The efficiencies of use of the metabolizable energy for maintenance, and gain were 0.63 and 0.36, respectively. The MPm requirement was 3.097 g/EBW^{0.75}/day. Considering an ADG of 100 g, the NPg requirement ranged from 12.4 to 10.5 g/day for animals with BWs ranging from 10 to 40 kg, respectively. The total metabolizable energy and protein requirements values were, in general, lower than those reported by the NRC and AFRC systems. Thus, the

results of this study support the hypothesis that nutrient requirements of hair sheep raised in tropical regions are lower than those reported by traditional committees nutrient requirements of sheep. Therefore, we recommend the use of the equations presented in this study for hair sheep raised in tropical regions.

Keywords: Meat sheep. Nutrient requirements. Prediction equations.

INTRODUÇÃO

Dada à importância da criação de ovinos deslanados (produção de carne, pele e leite) para os sistemas de produção de regiões tropicais e às poucas informações sobre os requerimentos nutricionais desses animais, realizou-se uma meta-análise dos dados brutos de alguns estudos conduzidos no Brasil, os quais utilizaram os genótipos: Santa Inês, Morada Nova e Somalis Brasileira, com a finalidade de melhorar as estimativas dos requerimentos nutricionais de ovinos deslanados criados nos trópicos e servir como base para estudos futuros. Além disso, apesar de poucos, esses dados são importantes para compor um banco de dados maior no futuro e assim contribuir com os estudos de nutrição de pequenos ruminantes.

Salah, Sauvant e Archimède (2014) realizaram uma meta-análise de 590 publicações para estimar os requerimentos energéticos e proteicos de ovinos, caprinos e bovinos em crescimento criados em áreas de clima tropical e concluíram que as exigências de energia e proteína de ruminantes criados nos trópicos são maiores quando comparadas aos sistemas internacionais NRC, ARC, INRA e AFRC. Uma das razões para justificar essa diferença é que, sob condições de altas temperaturas, a energia requerida para dissipar o calor corporal aumenta significativamente (CSIRO, 2007). As mudanças na exigência de energia para manutenção e na ingestão de matéria seca são efeitos primários da interação entre o animal e o ambiente, ao passo que os impactos sobre a exigência energética para produção são efeitos secundários (FOX; TYLUTKI, 1998). Outra razão dada pelos autores para justificar a diferença observada é a composição do ganho, a qual varia com o genótipo. Os genótipos tropicais não são selecionados para deposição de músculo, dessa forma, depositam mais gordura no ganho do que os genótipos temperados e, conseqüentemente, os custos energéticos por kg de ganho são maiores (EARLY; MAHGOUB; LU, 2001). De acordo com o NRC (2007), os efeitos das condições extremas de frio ou calor sobre a exigência de proteína metabolizável não estão bem esclarecidos.

Experimentos independentes de exigências nutricionais de ovinos deslanados são encontrados principalmente em regiões tropicais. Entretanto, existem diferenças significativas entre esses experimentos que resultam em dados discordantes. Dessa forma, a meta-análise foi utilizada neste estudo para controlar os diversos efeitos contidos nos experimentos e desenvolver equações de predição que estimem melhor as exigências desses animais.

Portanto, diante do exposto, o objetivo neste estudo foi estimar, por meio de modelos matemáticos, as exigências de energia e proteína para manutenção e ganho de ovinos deslanados criados em regiões tropicais, utilizando a meta-análise como ferramenta estatística para estimar os parâmetros das equações. A hipótese é que os requerimentos nutricionais de ovinos deslanados criados em regiões tropicais são inferiores aqueles reportados pelos comitês tradicionais de exigências nutricionais de ovinos (AFRC, 1993; NRC, 2007).

MATERIAL E MÉTODOS

A aprovação do comitê de ética no uso de animais não foi necessária neste estudo, visto que os dados foram coletados a partir de fontes publicadas anteriormente.

Critérios para inclusão dos estudos

Para estimar os parâmetros das equações, realizou-se uma meta-análise de 7 experimentos independentes de exigências nutricionais (totalizando 243 unidades experimentais), os quais foram conduzidos em condições tropicais, utilizando ovinos deslanados nas fases de crescimento e terminação e dotados das seguintes informações quantitativas: peso corporal (PC), peso de corpo vazio (PCVZ), ganho de peso corporal (GPC), ganho de peso de corpo vazio (GPCVZ), produção de calor (PCI), consumo de energia metabolizável (CEM), energia retida (ER), consumo de proteína metabolizável (CPM) e conteúdo corporal de proteína bruta (CCPB) de cada animal. Além disso, foram incluídos somente estudos que dispunham das informações individuais de animais referência, animais alimentados em nível de manutenção e animais alimentados em, pelo menos, dois níveis acima da manutenção. Atualmente, existem poucos estudos disponíveis de exigências nutricionais de ovinos deslanados criados em regiões tropicais e os dados brutos normalmente são inacessíveis. Por essas razões, este estudo utilizou dados brutos de apenas 7 estudos (oriundos de teses). O sumário dos estudos e a análise descritiva das variáveis utilizadas na meta-análise para desenvolver as equações de predição das exigências nutricionais de ovinos deslanados, criados

nos trópicos, estão apresentados nas Tabelas 1 e 2, respectivamente. Não foi possível testar os efeitos das fontes de variação (classe sexual, genótipo e sistema de criação) sobre as exigências nutricionais devido ao fato de cada estudo conter apenas um tipo de sexo, genótipo e sistema de criação. Por essa razão, mais estudos devem ser conduzidos para estimar os requerimentos nutricionais de ovinos deslanados criados em regiões tropicais, de acordo com essas fontes de variação.

Tabela 1 - Sumário dos estudos utilizados na meta-análise para desenvolver as equações de predição das exigências nutricionais de ovinos deslanados criados nos trópicos

Referência	n ¹	CS ²	Genótipo	SC ³	Idade (Meses)	IP ⁴ (kg)	Tratamentos
Oliveira (2012)	34	I	Santa Inês	C	2	10,5 - 33,5	2,2; 2,5; 2,7; 2,6 e 2,9 Mcal EM/kg MS ⁵
Regadas Filho (2009)	23	I	Santa Inês	C	2	9,2 - 34,7	2,1; 2,3; 2,5 e 2,7 Mcal EM/kg MS
Pereira (2011)	30	I	Santa Inês	C	9	28,1 - 47,3	0, 30 e 60% de restrição alimentar
Costa (2012)	47	I	Morada Nova	C	2	9,0 - 31,6	1,2; 1,6; 2,1; 2,5 e 3,0 Mcal EM/kg MS
Fontenele (2014)	47	I	Somalis Brasileira	C	2	10,3 - 35,7	1,3; 2,1; 2,2; 2,4 e 2,7 Mcal EM/kg MS
Santos (2006)	32	C	Santa Inês	P	3-4	14,2 - 29,4	0, 1,0 e 1,5% do peso corporal de suplementação
Nascimento Júnior (2010)	30	C	15 Santa Inês 15 ½ Dorper x ½ Santa Inês	P	3	13,8 - 33,0	9, 6 e 3 horas de pastejo

¹n = número de unidades experimentais (animais); ²CS = classe sexual (I = inteiro e C = castrado); ³SC = sistema de criação (C = confinado e P = pastejo); ⁴IP = intervalo de peso; ⁵Níveis de energia metabolizável (EM) por kg de matéria seca (MS).

Tabela 2 - Estatística descritiva das variáveis utilizadas na meta-análise para desenvolver as equações de predição das exigências nutricionais de ovinos deslanados criados nos trópicos

Variáveis	n ¹	Mínimo	Máximo	Média	DP ²
Peso corporal (kg)	243	10,12	47,34	24,61	7,66
Peso de corpo vazio (kg)	243	6,34	37,86	19,15	6,76
Peso de corpo vazio metabólico (kg)	198	4,23	14,16	8,02	1,92
Ganho de peso corporal (kg/dia)	165	0,01	0,37	0,13	0,06
Ganho de peso de corpo vazio (kg/dia)	165	0,00	0,32	0,10	0,05
Consumo de energia metabolizável (Mcal/dia)	174	0,36	5,79	1,57	0,72
Energia retida (Mcal/dia)	198	-0,43	1,39	0,30	0,22
Produção de calor (Mcal/dia)	171	0,25	5,20	1,27	0,60
Consumo de proteína metabolizável (g/dia)	173	16,02	159,69	78,34	35,39
Conteúdo corporal de proteína bruta (kg)	243	1,08	8,37	3,04	1,15
Consumo de matéria seca (g/dia)	173	263,12	1405,72	688,27	215,52

¹n = número de unidades experimentais (animais); ²DP = desvio padrão.

Estimativa das variáveis

As informações sobre o PCVZ e a composição corporal dos animais referência, abatidos no início dos experimentos, foram utilizadas para estimar o PCVZ e a composição corporal inicial dos animais remanescentes, abatidos no final dos experimentos, dentro de cada estudo. O conteúdo corporal de energia (CCE) foi calculado a partir do conteúdo corporal de proteína (CCP) e gordura (CCG), conforme a equação preconizada pelo ARC (1980): $CCE_{(Mcal)} = (5,6405 \times CCP_{(kg)}) + (9,3929 \times CCG_{(kg)})$. O CEM (Mcal/dia) foi estimado a partir do consumo de nutrientes digestíveis totais (NDT, kg/dia), admitindo que 1 kg de NDT consumido contém 4,4 Mcal de energia digestível (NRC, 2000) e que 82% da energia digestível corresponde à energia metabolizável (CANNAS *et al.*, 2004). A ER diária (Mcal) foi obtida a partir da diferença entre o conteúdo corporal de energia final e inicial dividido pelo número de dias do período experimental correspondente a cada estudo. A PCl diária (Mcal) foi estimada a partir da diferença entre o CEM diário e a ER diária.

As equações de regressão linear 1 e 2 foram utilizadas para estimar o PCVZ e o GPCVZ, respectivamente.

$$PCVZ = \beta_0 + \beta_1 \times PC \quad (1)$$

$$GPCVZ = \beta_0 + \beta_1 \times GPC \quad (2)$$

onde PCVZ = peso de corpo vazio (kg); PC = peso corporal (kg); GPCVZ = ganho de peso de corpo vazio (kg/dia); GPC = ganho de peso corporal (kg/dia); e β_0 e β_1 = coeficientes das equações de regressão linear. Para estimar os parâmetros da equação de PCVZ, foram utilizados os dados de todos os animais, exceto os dados de animais alimentados em nível de manutenção. Para estimar os parâmetros da equação de GPCVZ, apenas os dados de animais alimentados acima do nível de manutenção foram utilizados, visto que o padrão de crescimento desses animais difere daquele de animais alimentados em nível de manutenção.

O requerimento de energia líquida para manutenção (ELm, Mcal/PCVZ^{0,75}/dia) foi considerado como sendo o antilog do intercepto da equação de regressão linear do logaritmo da PCl em função do CEM (Equação 3), conforme sugerido por Lofgreen e Garrett (1968).

$$\text{Log}PCl = \beta_0 + \beta_1 \times CEM \quad (3)$$

onde PCI = produção de calor (Mcal/PCVZ^{0,75}/dia); CEM = consumo de energia metabolizável (Mcal/PCVZ^{0,75}/dia); e β_0 e β_1 = coeficientes da equação de regressão linear. Para estimar os parâmetros dessa equação, foram utilizados os dados de animais alimentados em nível de manutenção e acima do nível de manutenção.

A exigência de energia metabolizável para manutenção (EMm, Mcal/PCVZ^{0,75}/dia) foi estimada a partir do método iterativo aplicado na equação 3, assumindo o valor correspondente ao ponto em que a PCI é igual ao CEM.

A eficiência de uso da energia metabolizável para manutenção (k_m) foi estimada a partir da razão entre a exigência de ELM e a exigência de EMm, conforme proposto por Garrett (1980).

A eficiência de uso da energia metabolizável para ganho (k_g) foi considerada como sendo o coeficiente angular da equação de regressão linear da ER em função do consumo de energia metabolizável para ganho (CEMg = CEM - EMm) (Equação 4), conforme sugerido por Galvani *et al.* (2014).

$$ER = \beta_0 + \beta_1 \times CEMg \quad (4)$$

onde ER = energia retida (Mcal/PCVZ^{0,75}/dia); CEMg = consumo de energia metabolizável para ganho (Mcal/PCVZ^{0,75}/dia); e β_0 e β_1 = coeficientes da equação de regressão linear. Para estimar os parâmetros dessa equação, foram utilizados os dados de animais alimentados em nível de manutenção e acima do nível de manutenção.

O requerimento de energia líquida para ganho (ELg, Mcal/PCVZ^{0,75}/dia) foi estimado a partir da equação de regressão linear do logaritmo da ER em função do logaritmo do GPCVZ (Equação 5). Vale ressaltar que, essa equação é uma adaptação da equação proposta pelo ARC (1980), na qual a variável PCVZ foi substituída pela variável GPCVZ. Isso permite uma estimativa mais precisa da exigência de ELg.

$$\text{Log}ER = \beta_0 + \beta_1 \times \text{Log}GPCVZ \quad (5)$$

onde ER = energia retida (Mcal/PCVZ^{0,75}/dia); GPCVZ = ganho de peso de corpo vazio (kg/dia); e β_0 e β_1 = coeficientes da equação de regressão linear. Para estimar os parâmetros dessa equação, apenas os dados de animais alimentados acima do nível de manutenção foram utilizados.

O CPM, expresso em g/dia, foi estimado a partir do somatório entre a proteína bruta microbiana verdadeiramente digestível (PBMVD, equação 6) e a proteína não degradável no rúmen digestível (PNDRD, equação 7). Para estimar a PBMVD, foi considerada uma eficiência de síntese microbiana de 76,2 g de proteína bruta microbiana (PBmic) por kg NDT consumido, a qual foi obtida a partir do valor médio dos tratamentos controle de estudos com ovinos e caprinos criados em regiões tropicais (ARGÔLO *et al.*, 2010; CARVALHO *et al.*, 2010; FONSECA *et al.*, 2006; PEREIRA, 2013). Além disso, foi considerado que a PBmic apresenta 80% de aminoácidos e 80% de digestibilidade intestinal. Para estimar a PNDRD, foi considerado que 90% da proteína degradável no rúmen correspondem à PBmic e os outros 10% correspondem às perdas por amônia e reciclagem. Além disso, foi considerado um valor fixo de 80% para a digestibilidade intestinal da PNDR (MARCONDES *et al.*, 2010).

$$PBMVD = CNDT \times 76,2 \times 0,64 \quad (6)$$

$$PNDRD = (CPB - (PBmic \times 1,11)) \times 0,80 \quad (7)$$

onde PBMVD = proteína bruta microbiana verdadeiramente digestível (g/dia); CNDT = consumo de nutrientes digestíveis totais (kg/dia); PNDRD = proteína não degradável no rumen digestível (g/dia); CPB = consumo de proteína bruta (g/dia); e PBmic = proteína bruta microbiana (g/dia).

A exigência de proteína metabolizável para manutenção (PMm, g/PCVZ^{0,75}/dia) foi estimada a partir da razão entre o intercepto da equação de regressão linear do CPM em função do GPCVZ (Equação 8) e o PCVZ metabólico médio de todos os animais, conforme sugerido pelo NRC (2000).

$$CPM = \beta_0 + \beta_1 \times GPCVZ \quad (8)$$

onde CPM = consumo de proteína metabolizável (g/dia); GPCVZ = ganho de peso de corpo vazio (kg/dia); e β_0 e β_1 = coeficientes da equação de regressão linear. Para estimar os parâmetros dessa equação, foram utilizados os dados de animais alimentados em nível de manutenção e acima do nível de manutenção. Outra alternativa para estimar a exigência de PMm, seria utilizando o GPC, entretanto, o GPCVZ reduz os erros relacionados ao efeito de enchimento (MARCONDES *et al.*, 2010).

O requerimento de proteína líquida para ganho de 1 kg de PCVZ (PLg, kg/dia) foi estimado derivando a equação de regressão linear do logaritmo do CCPB em função do logaritmo do PCVZ (Equação 9).

$$PLg = \beta_1 \times 10^{\beta_0} \times PCVZ^{(\beta_1 - 1)} \quad (9)$$

onde PLg = requerimento de proteína líquida para ganho de 1 kg de PCVZ (kg/dia); PCVZ = peso de corpo vazio (kg); e β_0 e β_1 = coeficientes da equação de regressão linear do logaritmo do CCPB em função do logaritmo do PCVZ. Para estimar os parâmetros dessa equação, foram utilizados os dados de todos os animais.

Para converter a exigência de PLg (g/dia) para exigência de proteína metabolizável para ganho (PMg, g/dia), foi considerada uma eficiência de uso da proteína metabolizável para ganho de 0,70, reportada pelo NRC (2007).

Análise estatística

A meta-análise foi realizada conforme sugerido por St-Pierre (2001). Um modelo de coeficientes aleatórios foi utilizado, considerando o estudo como efeito aleatório e incluindo uma possível covariância entre o coeficiente angular e o intercepto. Foram testados 3 tipos de estruturas de variância-covariância: Variance Components (VC), Unstructured (UN) e Autoregressive Heterogeneous (ARH (1)). O Akaike's Information Criteria (AIC) dessas estruturas de variância-covariância foi utilizado para definir o melhor modelo.

O parâmetro de covariância foi considerado diferente de zero quando P-valor foi menor que 0,10. Os outliers foram removidos quando os resíduos de Student foram maiores que 2 ou menores que -2. Os níveis de significância assumidos para os efeitos fixos e aleatórios foram de 0,05 e 0,20, respectivamente. Todos os procedimentos estatísticos foram realizados por meio do PROC MIXED do SAS versão 9.2.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Exigências energéticas

As equações de regressão linear 1 e 2 (Tabela 3) foram desenvolvidas para estimar o PCVZ e o GPCVZ a partir do PC e GPC, respectivamente. Tais variáveis são essenciais para a

determinação das exigências nutricionais dos animais. A ELM inclui a energia necessária para atividade muscular, turnover dos tecidos e processos metabólicos involuntários (NRC, 1985). O valor médio da exigência de ELM, estimado a partir da equação 3 (Tabela 3), foi de 0,059 Mcal/PCVZ^{0,75}/dia, cujos valores máximo e mínimo foram de 0,092 e 0,038 Mcal/PCVZ^{0,75}/dia, respectivamente. A exigência de EMm foi de 0,094 Mcal/PCVZ^{0,75}/dia com uma k_m de 0,63. Convertendo a exigência de ELM de 0,059 Mcal/PCVZ^{0,75}/dia para a base de PCjejum^{0,75}, o valor obtido foi de 0,050 Mcal/PCjejum^{0,75}/dia. Esse valor é inferior aos valores reportados pelo sistema americano NRC (2007) e pelo sistema britânico AFRC (1993) de 0,062 Mcal/PCjejum^{0,75}/dia (não ajustado) e 0,069 Mcal/PCjejum^{0,75}/dia (sem ajuste para atividade), respectivamente. Essa variação pode ser atribuída, em parte, às diferenças ambientais entre regiões tropicais e temperadas.

O clima no nordeste brasileiro é o semiárido, caracterizado pela baixa pluviosidade (abaixo de 800 mm/ano) e altas temperaturas com pouca variabilidade durante o ano (temperatura média anual acima de 27° C) (PEREIRA, 2005). Starling *et al.* (2005) observaram uma correlação significativa e negativa entre a temperatura ambiental e a secreção dos hormônios tireoideanos (a secreção de tiroxina-T₃ e triiodotironina-T₄ decresce com o aumento da temperatura) em um estudo com ovinos da raça Corriedale (genótipo lanado). Os hormônios tireoideanos exercem fortes efeitos sobre o metabolismo do organismo e o aumento de sua secreção implica na elevação da taxa metabólica, ao passo que a sua redução implica no decréscimo da taxa metabólica (GUYTON, 1996). Portanto, em áreas onde a temperatura ambiental efetiva ultrapassa a temperatura crítica superior da zona termoneutra (estresse por calor), ocorre uma redução na taxa metabólica dos tecidos devido à redução na secreção dos hormônios T₃ e T₄. Além disso, de acordo com o NRC (2000), em ambientes com temperaturas elevadas, a produtividade do animal é comprometida devido à redução na ingestão de alimentos, a qual é normalmente correlacionada positivamente com a produção de calor no jejum (CHILLIARD; BOCQUIER, 2000). Assim, a exigência de energia para manutenção é reduzida em ambientes com temperaturas elevadas em decorrência da redução na secreção dos hormônios tireoideanos e da redução na ingestão voluntária de alimentos, justificando assim a menor exigência de ELM observada neste estudo quando comparada aos sistemas NRC (2007) e AFRC (1993).

Tabela 3 - Equações desenvolvidas a partir da meta-análise para estimar as exigências nutricionais de ovinos deslanados criados nos trópicos

	Equações	n¹	σ_e²	P-valor
1	${}^2PCVZ_{(kg)} = -2,4852(\pm 0,2748) + 0,8821(\pm 0,01517) \times PC$	185	0,6010	<0,0001
2	${}^3GPCVZ_{(kg/dia)} = -0,01875(\pm 0,004128) + 0,9671(\pm 0,02799) \times GPC$	129	0,000117	<0,0001
3	${}^4LogPCL_{(Mcal/PCVZ^{0,75}/dia)} = -1,2305(\pm 0,07470) + 2,1543(\pm 0,3019) \times CEM$	167	0,001995	0,0008
4	${}^5LogER_{(Mcal/PCVZ^{0,75}/dia)} = -0,5908(\pm 0,05334) + 0,8455(\pm 0,04355) \times LogGPCVZ$	144	0,006987	<0,0001
5	${}^6ER_{(Mcal/PCVZ^{0,75}/dia)} = 0,3638(\pm 0,05552) \times CEMg$	152	0,000170	0,0013
6	${}^7CPM_{(g/dia)} = 24,8470(\pm 7,3646) + 560,28(\pm 99,6582) \times GPCVZ$	165	252,14	0,0025
7	${}^8PLg_{(kg/dia)} = 0,1941 \times PCVZ^{-0,1058}$	237	0,001378	<0,0001

¹n = número de unidades experimentais (animais); ²PCVZ = peso de corpo vazio e PC = peso corporal (kg); ³GPCVZ = ganho de peso de corpo vazio e GPC = ganho de peso corporal (kg/dia); ⁴PCl = produção de calor e CEM = consumo de energia metabolizável (Mcal/PCVZ^{0,75}/dia); ⁵ER = energia retida; ⁶CEMg = consumo de energia metabolizável para ganho (Mcal/PCVZ^{0,75}/dia); ⁷CPM = consumo de proteína metabolizável; ⁸PLg = exigência de proteína líquida para ganho de 1 kg de PCVZ.

A aclimatação, a qual consiste em mudanças adaptativas em resposta às mudanças climáticas, incluindo alterações comportamentais e fisiológicas, também poderia justificar essa variação na exigência de ELM, uma vez que, os animais diferem muito nas suas respostas comportamentais e fisiológicas para se adaptarem a um ambiente específico. Neste contexto, as diferenças entre genótipos são particularmente evidentes (NRC, 2000).

Para estimar as exigências nutricionais para ganho, é necessário conhecer a taxa e a composição do ganho e as eficiências de uso dos nutrientes (NRC, 2007). Considerando um GPC de 100 g/dia, a exigência de ELg, estimada a partir da equação 4 (Tabela 3), variou de 0,118 a 0,407 Mcal/dia para animais com PC variando de 10 a 40 kg, respectivamente (Tabela 4). Os resultados de ELg obtidos neste estudo foram inferiores aos valores reportados por Gonzaga Neto *et al.* (2005), Rodrigues *et al.* (2016) e pelo NRC (2007) (para animais de maturidade precoce com idade de 4 meses). Por exemplo, para um animal com 20 kg de PC e GPC de 100 g/dia, a exigência de ELg, obtida neste estudo, foi de 0,228 Mcal/dia, ao passo que as exigências de ELg reportadas por Gonzaga Neto *et al.* (2005), Rodrigues *et al.* (2016) e pelo NRC (2007) foram de 0,383, 0,277 e 0,460 Mcal/dia, respectivamente. Por outro lado, valores inferiores aos deste estudo foram reportados por Galvani *et al.* (2008). Essas diferenças podem ser devido às variações metodológicas. Por exemplo, neste estudo foi utilizada uma equação de regressão linear do logaritmo da ER em função do logaritmo do GPCVZ, enquanto Gonzaga Neto *et al.* (2005) e Galvani *et al.* (2008) utilizaram uma equação de regressão linear do logaritmo da ER em função do logaritmo do PCVZ. Além disso, os fatores que influenciam a k_g , por exemplo, a composição do ganho, também influenciam a exigência de ELg. De acordo com Garrett (1980), a eficiência de uso da EM para deposição de proteína varia de 10-40%, enquanto a eficiência para deposição de gordura varia de 60-80%. O valor de k_g , estimado a partir da equação 5 (Tabela 3), foi de 0,36. Esse valor foi inferior ao valor obtido por Galvani *et al.* (2008) de 0,47, o que justifica a menor exigência de ELg reportada por esses autores. Vale ressaltar que, as diferenças entre raças sobre a exigência de ELg se devem principalmente às diferenças no peso à maturidade e na distribuição de gordura (CHIZZOTTI; TEDESCHI; VALADARES FILHO, 2008).

Assim como na maioria dos sistemas internacionais, as exigências nutricionais totais deste estudo foram calculadas pelo método fatorial. Os valores de exigência de energia metabolizável total (EMT) obtidos neste estudo aumentam com o GPC e com o PC (Tabela 4) e foram inferiores aos valores reportados pelo NRC (2007) e AFRC (1993). Por exemplo, para um animal com 20 kg de PC e GPC de 100 g/dia, a exigência de EMT, obtida neste estudo, foi de 1,345 Mcal/dia, ao passo que as exigências de EMT reportadas pelo NRC (2007) e AFRC

(1993) foram de 1,510 e 1,601 Mcal/dia, respectivamente. Naturalmente, as exigências de EMT, obtidas a partir do somatório das exigências de EMm e EMg, reportadas pelos sistemas NRC (2007) e AFRC (1993), foram maiores que as deste estudo devido ao fato de as exigências energéticas para manutenção e ganho desses sistemas também terem sido maiores que as deste estudo.

Tabela 4 – Predições das exigências energéticas de ovinos deslanados criados em regiões tropicais, utilizando as equações ajustadas

PC ¹ (kg)	PCVZ ² (kg)	GPC ³ (kg/d)	GPCVZ ⁴ (kg/d)	ELm ⁵ (Mcal/d)	ELg ⁶ (Mcal/d)	ELT ⁷ (Mcal/d)	EMm ⁸ (Mcal/d)	EMg ⁹ (Mcal/d)	EMT ¹⁰ (Mcal/d)
10	6,336	0,100	0,078	0,235	0,118	0,353	0,373	0,326	0,699
10	6,336	0,200	0,175	0,235	0,234	0,469	0,373	0,644	1,018
10	6,336	0,300	0,271	0,235	0,340	0,575	0,373	0,935	1,308
20	15,157	0,100	0,078	0,452	0,228	0,680	0,718	0,626	1,345
20	15,157	0,200	0,175	0,452	0,451	0,903	0,718	1,239	1,957
20	15,157	0,300	0,271	0,452	0,654	1,106	0,718	1,798	2,517
30	23,978	0,100	0,078	0,637	0,321	0,959	1,013	0,884	1,897
30	23,978	0,200	0,175	0,637	0,636	1,273	1,013	1,748	2,761
30	23,978	0,300	0,271	0,637	0,923	1,560	1,013	2,537	3,550
40	32,799	0,100	0,078	0,806	0,407	1,213	1,282	1,118	2,399
40	32,799	0,200	0,175	0,806	0,804	1,610	1,282	2,211	3,492
40	32,799	0,300	0,271	0,806	1,167	1,973	1,282	3,209	4,490

¹PC = peso corporal; ²PCVZ = peso de corpo vazio; ³GPC = ganho de peso corporal; ⁴GPCVZ = ganho de peso de corpo vazio; ⁵ELm = exigência de energia líquida para manutenção; ⁶ELg = exigência de energia líquida para ganho; ⁷ELT = exigência de energia líquida total; ⁸EMm = exigência de energia metabolizável para manutenção; ⁹EMg = exigência de energia metabolizável para ganho; ¹⁰EMT = exigência de energia metabolizável total.

Exigências proteicas

A exigência de PMm, estimada a partir da equação 6 (Tabela 3), foi de 3,097 g/PCVZ^{0,75}/dia. A metodologia empregada neste estudo para estimar a exigência de PMm baseia-se no crescimento do animal em vez do balanço de nitrogênio (NRC, 2000). O modelo mais adequado para estimar a exigência de PMm inclui o CPM em vez do consumo de proteína bruta (CPB), uma vez que o CPB pode gerar erros de estimação por não considerar o valor biológico da PB e nem a síntese de PBmic (MARCONDES *et al.*, 2010). Convertendo o valor de 3,097 g/PCVZ^{0,75}/dia para a base de PCjejum^{0,75} e PC^{0,75}, os valores obtidos foram de 2,647 g/PCjejum^{0,75}/dia e 2,518 g/PC^{0,75}/dia, respectivamente. Esses valores são superiores aos valores reportados por Gonzaga Neto *et al.* (2005), Galvani *et al.* (2009) e pelo AFRC (1993) de 2,08 g/PC^{0,75}/dia, 2,31 g/PCjejum^{0,75}/dia e 2,19 g/PC^{0,75}/dia, respectivamente. Essa diferença pode ser atribuída à maior eficiência de uso da proteína metabolizável para manutenção (kpm)

utilizada por esses autores. Gonzaga Neto *et al.* (2005), Galvani *et al.* (2009) e AFRC (1993) utilizaram os valores de kpm de 1,0, 0,66 e 1,0, respectivamente. Vale ressaltar que, kpm igual a 1 é biologicamente impossível.

Considerando um GPC de 100 g/dia, a exigência de PLg, estimada a partir da equação 7 (Tabela 3), variou de 12,447 a 10,460 g/dia para animais com PC variando de 10 a 40 kg, respectivamente (Tabela 5). Os resultados de PLg obtidos neste estudo foram inferiores aos valores reportados por Gonzaga Neto *et al.* (2005). Por exemplo, para um animal com 20 kg de PC e GPC de 100 g/dia, a exigência de PLg obtida neste estudo foi de 11,350 g/dia, ao passo que a exigência de PLg reportada por Gonzaga Neto *et al.* (2005) foi de 22,02 g/dia. Essa variação pode ser atribuída à diferença no peso à maturidade entre genótipos, uma vez que, os animais utilizados por esses autores são da raça Morada Nova, a qual apresenta uma maturidade tardia. Genótipos precoces têm menores exigências de proteína líquida quando comparados aos genótipos tardios (GEAY, 1984). Galvani *et al.* (2009) e Rodrigues *et al.* (2016) reportaram valores próximos aos deste estudo. Considerando o mesmo ganho e peso, os autores obtiveram os valores de exigência de PLg de 11,30 e 9,9 g/dia, respectivamente.

A exigência de PMT, a qual inclui os aminoácidos verdadeiramente digestíveis no intestino delgado, oriundos da proteína microbiana e da proteína do alimento não degradada no rúmen (AFRC, 1993), obtida neste estudo, aumenta com o GPC e com o PC (Tabela 5). Os valores de PMT deste estudo foram inferiores aos valores reportados pelo AFRC (1993) e NRC (2007). Por exemplo, para um animal com 20 kg de PC e GPC de 100 g/dia, a exigência de PMT obtida neste estudo foi de 40 g/dia, ao passo que as exigências de PMT reportadas pelo AFRC (1993) e pelo NRC (2007) foram de 64 e 47 g/dia, respectivamente. O genótipo pode ser o fator responsável por tal variação. Os sistemas AFRC (1993) e NRC (2007) utilizam basicamente genótipos lanados. MacRae *et al.* (1993), em estudo com cordeiros Suffolk-Finn Dorset (genótipo lanado), observaram que, para um animal de 25 kg, o conteúdo de N da lã representou 11,5% do N corporal total. Assim, a maior exigência de PMT apresentada pelos sistemas pode ser devido ao N requerido para o crescimento da lã.

Tabela 5 – Predições das exigências proteicas de ovinos deslanados criados em regiões tropicais, utilizando as equações ajustadas

PC ¹ (kg)	PCVZ ² (kg)	GPC ³ (kg/d)	GPCVZ ⁴ (kg/d)	PLg ⁵ (g/d)	PMm ⁶ (g/d)	PMg ⁷ (g/d)	PMT ⁸ (g/d)
10	6,336	0,100	0,078	12,447	12,366	17,782	30,148
10	6,336	0,200	0,175	27,888	12,366	39,840	52,206
10	6,336	0,300	0,271	43,328	12,366	61,898	74,264
20	15,157	0,100	0,078	11,350	23,787	16,214	40,001
20	15,157	0,200	0,175	25,429	23,787	36,328	60,115
20	15,157	0,300	0,271	39,509	23,787	56,441	80,228
30	23,978	0,100	0,078	10,812	33,554	15,446	49,000
30	23,978	0,200	0,175	24,225	33,554	34,607	68,161
30	23,978	0,300	0,271	37,637	33,554	53,768	87,322
40	32,799	0,100	0,078	10,460	42,441	14,942	57,383
40	32,799	0,200	0,175	23,435	42,441	33,479	75,919
40	32,799	0,300	0,271	36,410	42,441	52,015	94,455

¹PC = peso corporal; ²PCVZ = peso de corpo vazio; ³GPC = ganho de peso corporal; ⁴GPCVZ = ganho de peso de corpo vazio; ⁵PLg = exigência de proteína líquida para ganho; ⁶PMm = exigência de proteína metabolizável para manutenção; ⁷PMg = exigência de proteína metabolizável para ganho; ⁸PMT = exigência de proteína metabolizável total.

CONCLUSÕES

Os resultados deste estudo sustentam a hipótese de que os requerimentos nutricionais de ovinos deslanados criados em regiões tropicais são inferiores aqueles reportados pelos comitês tradicionais de exigências nutricionais de ovinos. Dessa forma, os valores de ELm, PMm, k_m e k_g recomendados para ovinos deslanados criados em regiões tropicais são: 0,059 Mcal/PCVZ^{0,75}/dia, 3,097 g/PCVZ^{0,75}/dia, 0,63 e 0,36, respectivamente.

REFERÊNCIAS

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

AGRICULTURAL RESEARCH COUNCIL - ARC. **The nutrient requirements of ruminant livestock**. Technical review. London: Commonwealth Agricultural Bureau, 1980.

ARGÔLO, L. S.; PEREIRA, M. L. A.; DIAS, J. C. T.; CRUZ, J. F.; REI, A. J. D.; OLIVEIRA, C. A. S. Farelo da vagem de algaroba em dietas para cabras lactantes: parâmetros ruminais e síntese de proteína microbiana. **R. Bras. Zootec.**, v. 39, p. 541-548, 2010.

CANNAS, A.; TEDESCHI, L. O.; FOX, D. G.; PELL, A. N.; VAN SOEST, P. J. A mechanistic model for predicting the nutrient requirements and feed biological values for sheep. **J. Anim. Sci.**, v. 82, p. 149-169, 2004.

CARVALHO, G. G. P.; GARCIA, R.; PIRES, A. J. V.; SILVA, R. R.; PEREIRA, M. L. A.; VIANA, P. T.; SANTOS, A. B.; PEREIRA, T. C. J. Balanço de nitrogênio, concentrações de ureia e síntese de proteína microbiana em caprinos alimentados com dietas contendo cana-de-açúcar tratada com óxido de cálcio. **R. Bras. Zootec.**, v. 39, p. 2253-2261, 2010.

CHILLIARD, Y.; BOCQUIER, F. Direct effects of photoperiod on lipid metabolism, leptin synthesis and milk secretion in adult sheep. *In*: CRONJÉ, P. B. (editor). **Ruminant physiology: digestion, metabolism, growth and reproduction**. Wallingford: CAB International, 2000. p. 205-223.

CHIZZOTTI, M. L.; TEDESCHI, L. O.; VALADARES FILHO, S. C. A meta-analysis of energy and protein requirements for maintenance and growth of Nellore cattle. **J. Anim. Sci.**, v. 86, p. 1588-1597, 2008.

COMMONWEALTH SCIENTIFIC AND INDUSTRIAL RESEARCH ORGANIZATION - CSIRO. **Nutrient requirements of domesticated ruminants**. Melbourne: CSIRO publishing, 2007.

COSTA, M. R. G. F. **Exigências nutricionais de cordeiros deslanados e validação do modelo Small Ruminant Nutrition System (SRNS)**. 2012. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2012.

EARLY, R. J.; MAHGOUB, O.; LU, C. D. Energy and protein utilization for maintenance and growth in Omani ram lambs in hot climates. I. Estimates of energy requirement and efficiency. **J. Agr. Sci.**, v. 136, p. 451-459, 2001.

FONSECA, C. E. M.; VALADARES, R. F. D.; VALADARES FILHO, S. C.; LEÃO, M. I.; CECON, P. R.; RODRIGUES, M. T.; PINA, D. S.; MARCONDES, M. I.; PAIXÃO, M. L.; ARAÚJO, A. M. Estimativa da produção microbiana em cabras lactantes alimentadas com diferentes teores de proteína na dieta. **R. Bras. Zootec.**, v. 35, p. 1169-1177, 2006.

FONTENELE, R. M. **Exigências nutricionais de cordeiros da raça Somalis Brasileira**. 2014. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2014.

FOX, D. G.; TYLUTKI, T. P. Accounting for the effects of environment on the nutrient requirements of dairy cattle. **J. Dairy Sci.**, v. 81, p. 3085-3095, 1998.

GALVANI, D. B.; PIRES, A. V.; SUSIN, I.; GOUVÊA, V. N.; BERNDT, A.; CHAGAS, L. J.; DÓREA, J. R. R.; ABDALLA, A. L.; TEDESCHI, L. O. Energy efficiency of growing ram lambs fed concentrate-based diets with different roughage sources. **J. Anim. Sci.**, v. 92, p. 250-263, 2014.

GALVANI, D. B.; PIRES, C. C.; KOZLOSKI, G. V.; SANCHEZ, L. M. B. Protein requirements of Texel crossbred lambs. **Small Rumin. Res.**, v. 81, p. 55-62, 2009.

GALVANI, D. B.; PIRES, C. C.; KOZLOSKI, G. V.; WOMMER, T. P. Energy requirements of Texel crossbred lambs. **J. Anim. Sci.**, v. 86, p. 3480-3490, 2008.

GARRETT, W. N. Factors influencing energetic efficiency of beef production. **J. Anim. Sci.**, v. 51, p. 1434-1440, 1980.

GEAY, Y. Energy and protein utilization in growing cattle. **J. Anim. Sci.**, v. 58, p. 766-778, 1984.

GONZAGA NETO, S.; SILVA SOBRINHO, A. G.; RESENDE, K. T.; ZEOLA, N. M. B. L.; SILVA, A. M. A.; MARQUES, C. A. T.; LEÃO, A. G. Composição corporal e exigências nutricionais de proteína e energia para cordeiros Morada Nova. **R. Bras. Zootec.**, v. 34, p. 2446-2456, 2005.

GUYTON, A. C. **Tratado de fisiologia médica**. 9 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1996.

LOFGREEN, G. P.; GARRETT, W. N. A system for expressing net energy requirements and feed values for growing and finishing beef cattle. **J. Anim. Sci.**, v. 27, p. 793-806, 1968.

MACRAE, J. C.; WALKER, A.; BROWN, D.; LOBLEY, G. E. Accretion of total protein and individual amino acids by organs and tissues of growing lambs and the ability of nitrogen balance techniques to quantitate protein retention. **Anim. Prod.**, v. 57, p. 237-245, 1993.

MARCONDES, M. I.; GIONBELLI, M. P.; VALADARES FILHO, S. C.; CHIZZOTTI, M. L.; PAULINO, M. F. Exigências nutricionais de proteína para bovinos de corte. *In*: VALADARES FILHO, S. C.; MARCONDES, M. I.; CHIZZOTTI, M. L.; PAULINO, P. V. R. (editores). **Exigências nutricionais de zebuínos puros e cruzados (BR-CORTE)**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2010. p. 113-134.

NASCIMENTO JÚNIOR, N. G. **Desempenho, características de carcaça e exigências nutricionais de proteína e energia para ganho de cordeiros Santa Inês e ½ Dorper x ½ Santa Inês em pastejo na região semiárida**. 2010. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Centro de Saúde e Tecnologia Rural, Universidade Federal de Campina Grande, Patos, 2010.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of beef cattle**. 7 ed. Washington: National Academies Press, 2000.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of sheep**. 6 ed. Washington: National Academies Press, 1985.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of small ruminants**. Washington: National Academies Press, 2007.

OLIVEIRA, A. P. **Requerimentos nutricionais de cordeiros Santa Inês com peso corporal de 14 a 28 kg**. 2012. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2012.

PEREIRA, G. M. **Exigências de proteína e energia de carneiros Santa Inês na região semiárida brasileira**. 2011. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Centro de Saúde e Tecnologia Rural, Universidade Federal de Campina Grande, Patos, 2011.

PEREIRA, J. C. C. **Fundamentos de bioclimatologia aplicados à produção animal**. Belo Horizonte: FEPMVZ, 2005.

PEREIRA, M. W. F. **Variáveis nutricionais e nictemerais de dietas com diferentes fontes de lipídeos em ovinos Santa Inês**. 2013. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2013.

REGADAS FILHO, J. G. L. **Exigências energéticas e proteicas de ovinos Santa Inês em crescimento**. 2009. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2009.

RODRIGUES, R. T. S.; CHIZZOTTI, M. L.; MARTINS, S. R.; SILVA, I. F.; QUEIROZ, M. A. A.; SILVA, T. S.; BUSATO, K. C.; SILVA, A. M. A. Energy and protein requirements of non-descript breed hair lambs of different sex classes in the semiarid region of Brazil. **Trop. Anim. Health Prod.**, v. 48, p. 87–94, 2016.

SALAH, N.; SAUVANT, D.; ARCHIMÈDE, H. Nutritional requirements of sheep, goats and cattle in warm climates: a meta-analysis. **Animal.**, v. 8, p. 1439–1447, 2014.

SANTOS, E. M. **Estimativa de consumo e exigências nutricionais de proteína e energia de ovinos em pastejo no semiárido**. 2006. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Centro de Saúde e Tecnologia Rural, Universidade Federal de Campina Grande, Patos, 2006.

STARLING, J. M. C.; SILVA, R. G.; NEGRÃO, J. A.; MAIA, A. S. C.; BUENO, A. R. Variação estacional dos hormônios tireoideanos e do cortisol em ovinos em ambiente tropical. **R. Bras. Zootec.**, v. 34, p. 2064-2073, 2005.

ST-PIERRE, N. R. Invited review: integrating quantitative findings from multiple studies using mixed model methodology. **J. Dairy Sci.**, v. 84, p. 741–755, 2001.

4 CONCLUSÕES

Os resultados deste estudo sustentam a hipótese de que o CMS e os requerimentos nutricionais de ovinos deslanados criados em regiões tropicais são inferiores aqueles reportados pelos comitês tradicionais de exigências nutricionais de ovinos. Dessa forma, os valores de ELM, PMm, k_m e k_g recomendados para ovinos deslanados criados em regiões tropicais são: 0,059 Mcal/PCVZ^{0,75}/dia, 3,097 g/PCVZ^{0,75}/dia, 0,63 e 0,36, respectivamente. Recomenda-se ainda o uso das seguintes equações para estimar o CMS de ovinos deslanados criados em regiões tropicais: $CMS_{(g/dia)} = 83,1978(\pm 76,4551) + 1,3246(\pm 0,2775) \times GPC_{(g/di)} + 23,1901(\pm 4,7486) \times PC_{(kg)}$; $CMS_{(%PC)} = 3,0075(\pm 0,1455) + 0,004061(\pm 0,001211) \times GPC_{(g/dia)}$; $CMS_{(g/dia)} = 398,83(\pm 160,99) + 27,5131(\pm 6,6128) \times FDN_{(%)} - 0,3608(\pm 0,07174) \times FDN_{(%)}^2$.

REFERÊNCIAS

- AGRICULTURAL AND FOOD RESEARCH COUNCIL - AFRC. **Energy and protein requirements of ruminants**. Wallingford: CAB International, 1993.
- AGRICULTURAL RESEARCH COUNCIL - ARC. **The nutrient requirements of ruminant livestock**. Technical review. London: Commonwealth Agricultural Bureau, 1980.
- ALLEN, M. S. Effects of diet on short-term regulation of feed intake by lactating dairy cattle. **J. Dairy Sci.**, v. 83, p. 1598–1624, 2000.
- ALLEN, M. S. Physical constraints on voluntary intake of forages by ruminants. **J. Anim. Sci.**, v. 74, p. 3063-3075, 1996.
- ARGÔLO, L. S.; PEREIRA, M. L. A.; DIAS, J. C. T.; CRUZ, J. F.; REI, A. J. D.; OLIVEIRA, C. A. S. Farelo da vagem de algaroba em dietas para cabras lactantes: parâmetros ruminais e síntese de proteína microbiana. **R. Bras. Zootec.**, v. 39, p. 541-548, 2010.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CRIADORES DE OVINOS – ARCO. **Padrões raciais**: Santa Inês. Disponível em: <http://www.arcoovinos.com.br/sitenew/racas_links/santa_ines.htm>. Acesso em: 10 abr. 2016.
- AZEVEDO, J. A. G.; VALADARES FILHO, S. C.; PINA, D. S.; CHIZZOTTI, M. L.; VALADARES, R. F. D. A meta-analysis of dry matter intake in Nellore- and Zebu-crossed cattle. **R. Bras. Zootec.**, v. 39, p. 1801-1809, 2010.
- BALDWIN, R. L.; SMITH, N. E.; TAYLOR, J.; SHARP, M. Manipulating metabolic parameters to improve growth rate and milk secretion. **J. Anim. Sci.**, v. 51, p. 1416-1428, 1980.
- BORGES, A. L. C. C.; GONÇALVES, L. C.; GOMES, S. P. Regulação da ingestão de alimentos. *In*: GONÇALVES, L. C.; BORGES, I.; FERREIRA, P. D. S. (editores). **Alimentação de gado de leite**. Belo Horizonte: FEPMVZ, 2009. p. 1-25.
- CANNAS, A.; TEDESCHI, L. O.; FOX, D. G.; PELL, A. N.; VAN SOEST, P. J. A mechanistic model for predicting the nutrient requirements and feed biological values for sheep. **J. Anim. Sci.**, v. 82, p. 149-169, 2004.
- CARDOSO, A. R.; PIRES, C. C.; CARVALHO, S.; GALVANI, D. B.; JOCHIMS, F.; HASTENPFLUG, M.; WOMMER, P. Consumo de nutrientes e desempenho de cordeiros alimentados com dietas que contêm diferentes níveis de fibra em detergente neutro. **Cienc. Rural.**, v. 36, p. 215-221, 2006.
- CARVALHO, G. G. P.; GARCIA, R.; PIRES, A. J. V.; SILVA, R. R.; PEREIRA, M. L. A.; VIANA, P. T.; SANTOS, A. B.; PEREIRA, T. C. J. Balanço de nitrogênio, concentrações de ureia e síntese de proteína microbiana em caprinos alimentados com dietas contendo cana-de-açúcar tratada com óxido de cálcio. **R. Bras. Zootec.**, v. 39, p. 2253-2261, 2010.

CHILLIARD, Y.; BOCQUIER, F. Direct effects of photoperiod on lipid metabolism, leptin synthesis and milk secretion in adult sheep. *In*: CRONJÉ, P. B. (editor). **Ruminant physiology: digestion, metabolism, growth and reproduction**. Wallingford: CAB International, 2000. p. 205-223.

CHIZZOTTI, M. L.; TEDESCHI, L. O.; VALADARES FILHO, S. C. A meta-analysis of energy and protein requirements for maintenance and growth of Nellore cattle. **J. Anim. Sci.**, v. 86, p. 1588-1597, 2008.

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

COMMONWEALTH SCIENTIFIC AND INDUSTRIAL RESEARCH ORGANIZATION - CSIRO. **Nutrient requirements of domesticated ruminants**. Melbourne: CSIRO publishing, 2007.

COOK, R. D.; WEISBERG, S. **Residuals and influence in regression**. New York: Chapman & Hall, 1982.

COSTA, M. R. G. F. **Exigências nutricionais de cordeiros deslanados e validação do modelo Small Ruminant Nutrition System (SRNS)**. 2012. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2012.

EARLY, R. J.; MAHGOUB, O.; LU, C. D. Energy and protein utilization for maintenance and growth in Omani ram lambs in hot climates. I. Estimates of energy requirement and efficiency. **J. Agr. Sci.**, v. 136, p. 451-459, 2001.

FARIA JR, W. G.; GONÇALVES, L. C.; PIRES, D. A. A.; RODRIGUES, J. A. S.; RAMIREZ, M. A. Silagem de sorgo para gado de leite. *In*: GONÇALVES, L. C.; BORGES, I.; FERREIRA, P. D. S. (editores). **Alimentos para gado de leite**. Belo Horizonte: FEPMVZ, 2009. p. 43-64.

FERRELL, C. L. Contribution of visceral organs to animal energy expenditures. **J. Anim. Sci.**, v. 66, p. 23-34, 1988.

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. **J. Anim. Sci.**, v. 76, p. 647-657, 1998.

FONSECA, C. E. M.; VALADARES, R. F. D.; VALADARES FILHO, S. C.; LEÃO, M. I.; CECON, P. R.; RODRIGUES, M. T.; PINA, D. S.; MARCONDES, M. I.; PAIXÃO, M. L.; ARAÚJO, A. M. Estimativa da produção microbiana em cabras lactantes alimentadas com diferentes teores de proteína na dieta. **R. Bras. Zootec.**, v. 35, p. 1169-1177, 2006.

FONTENELE, R. M. **Exigências nutricionais de cordeiros da raça Somalis Brasileira**. 2014. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2014.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS – FAO. **Statistics Division**. Disponível em: <<http://faostat3.fao.org/browse/Q/QA/E>>. Acesso em: 10 abr. 2016.

FORBES, J. M. **Voluntary food intake and diet selection in farm animals**. 2. ed. Wallingford: CAB International, 2007.

FORBES, J. M.; PROVENZA, F. D. Integration of learning and metabolic signals into a theory of dietary choice and food intake. *In*: CRONJÉ, P. B. (editor). **Ruminant physiology: digestion, metabolism, growth and reproduction**. Wallingford: CAB International, 2000. p. 3-19.

FOX, D. G.; TYLUTKI, T. P. Accounting for the effects of environment on the nutrient requirements of dairy cattle. **J. Dairy Sci.**, v. 81, p. 3085-3095, 1998.

GALVANI, D. B.; PIRES, A. V.; SUSIN, I.; GOUVÊA, V. N.; BERNDT, A.; CHAGAS, L. J.; DÓREA, J. R. R.; ABDALLA, A. L.; TEDESCHI, L. O. Energy efficiency of growing ram lambs fed concentrate-based diets with different roughage sources. **J. Anim. Sci.**, v. 92, p. 250-263, 2014.

GALVANI, D. B.; PIRES, C. C.; KOZLOSKI, G. V.; SANCHEZ, L. M. B. Protein requirements of Texel crossbred lambs. **Small Rumin. Res.**, v. 81, p. 55-62, 2009.

GALVANI, D. B.; PIRES, C. C.; KOZLOSKI, G. V.; WOMMER, T. P. Energy requirements of Texel crossbred lambs. **J. Anim. Sci.**, v. 86, p. 3480-3490, 2008.

GARRETT, W. N. Factors influencing energetic efficiency of beef production. **J. Anim. Sci.**, v. 51, p. 1434-1440, 1980.

GEAY, Y. Energy and protein utilization in growing cattle. **J. Anim. Sci.**, v. 58, p. 766-778, 1984.

GLASS, G. V. Primary, secondary, and meta-analysis of research. *In*: ANNUAL MEETING OF THE AMERICAN EDUCATIONAL RESEARCH ASSOCIATION, 1976, São Francisco. **Anais...** São Francisco: Educational Researcher, 1976. p. 3-8.

GONZAGA NETO, S.; SILVA SOBRINHO, A. G.; RESENDE, K. T.; ZEOLA, N. M. B. L.; SILVA, A. M. A.; MARQUES, C. A. T.; LEÃO, A. G. Composição corporal e exigências nutricionais de proteína e energia para cordeiros Morada Nova. **R. Bras. Zootec.**, v. 34, p. 2446-2456, 2005.

GUTIERREZ-A, N. Economic constraints on sheep and goat production in developing countries. *In*: SMALL RUMINANT PRODUCTION IN THE DEVELOPING COUNTRIES, 1986, Sofia. **Proceedings...** Sofia: FAO, 1986. p. 138-147.

GUYTON, A. C. **Tratado de fisiologia médica**. 9 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1996.

HÜBNER, C. H.; PIRES, C. C.; GALVANI, D. B.; CARVALHO, S.; WOMMER, T. P. Consumo de nutrientes, produção e composição do leite de ovelhas alimentadas com dietas

contendo diferentes níveis de fibra em detergente neutro. **R. Bras. Zootec.**, v. 36, p. 1882-1888, 2007.

LANA, R. P. **Nutrição e alimentação animal (mitos e realidades)**. Viçosa: UFV, 2005.

LOFGREEN, G. P.; GARRETT, W. N. A system for expressing net energy requirements and feed values for growing and finishing beef cattle. **J. Anim. Sci.**, v. 27, p. 793-806, 1968.

LOVATTO, P. A.; LEHNEN, C. R.; ANDRETTA, I.; CARVALHO, A. D.; HAUSCHILD, L. Meta-análise em pesquisas científicas - enfoque em metodologias. **R. Bras. Zootec.**, v. 36, p. 285-294, 2007.

LUIZ, A. J. B. Meta-análise: definição, aplicações e sinergia com dados espaciais. **Cad. Ciên. Tecnol.**, v. 19, p. 407-428, 2002.

MACRAE, J. C.; WALKER, A.; BROWN, D.; LOBLEY, G. E. Accretion of total protein and individual amino acids by organs and tissues of growing lambs and the ability of nitrogen balance techniques to quantitate protein retention. **Anim. Prod.**, v. 57, p. 237-245, 1993.

MARCONDES, M. I.; CHIZZOTTI, M. L.; VALADARES FILHO, S. C.; GIONBELLI, M. P.; PAULINO, P. V. R.; PAULINO, M. F. Exigências nutricionais de energia para bovinos de corte. *In*: VALADARES FILHO, S. C.; MARCONDES, M. I.; CHIZZOTTI, M. L.; PAULINO, P. V. R. (editores). **Exigências nutricionais de zebuínos puros e cruzados (BR-CORTE)**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2010. p. 85-111.

MARCONDES, M. I.; GIONBELLI, M. P.; VALADARES FILHO, S. C.; CHIZZOTTI, M. L.; PAULINO, M. F. Exigências nutricionais de proteína para bovinos de corte. *In*: VALADARES FILHO, S. C.; MARCONDES, M. I.; CHIZZOTTI, M. L.; PAULINO, P. V. R. (editores). **Exigências nutricionais de zebuínos puros e cruzados (BR-CORTE)**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2010. p. 113-134.

McMENIMAN, J. P.; DEFOOR, P. J.; GALYEAN, M. L. Evaluation of the national research council (1996) dry matter intake prediction equations and relationships between intake and performance by feedlot cattle. **J. Anim. Sci.**, v.87, p.1138-1146, 2009.

MERTENS, D. R. Predicting intake and digestibility using mathematical models of ruminal function. **J. Anim. Sci.**, v. 64, p. 1548-1558, 1987.

NASCIMENTO JÚNIOR, N. G. **Desempenho, características de carcaça e exigências nutricionais de proteína e energia para ganho de cordeiros Santa Inês e ½ Dorper x ½ Santa Inês em pastejo na região semiárida**. 2010. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Centro de Saúde e Tecnologia Rural, Universidade Federal de Campina Grande, Patos, 2010.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of beef cattle**. 7. ed. Washington: National Academies Press, 2000.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of beef cattle**. 7 ed. Washington: National Academy Press, 1996.

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

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of sheep**. 6 ed. Washington: National Academies Press, 1985.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of small ruminants**. Washington: National Academies Press, 2007.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Predicting feed intake of food producing animals**. Washington: National Academies Press, 1987.

NOVAES, M. A. S. **Suplementação de cordeiros em creep-feeding com dietas contendo farelo de mamona destoxificado**. 2015. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2015.

NSAHLAI, I. V.; GOETSCH, A. L.; LUO, J.; JOHNSON, Z. B.; MOORE, J. E.; SAHLU, T.; FERRELL, C. L.; GALYEAN, M. L.; OWENS, F. N. Metabolizable energy requirements of lactating goats. **Small Rumin. Res.**, v. 53, p. 253–273, 2004.

OLIVEIRA, A. P. **Requerimentos nutricionais de cordeiros Santa Inês com peso corporal de 14 a 28 kg**. 2012. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2012.

PAULINO, P. V. R.; COSTA, M. A. L.; VALADARES FILHO, S. C.; PAULINO, M. F.; VALADARES, R. F. D.; MAGALHÃES, K. A.; PORTO, M. O.; ANDREATTA, K. Exigências nutricionais de zebuínos: proteína. **R. Bras. Zootec.**, v. 33, p. 759-769, 2004a.

PAULINO, P. V. R.; COSTA, M. A. L.; VALADARES FILHO, S. C.; PAULINO, M. F.; VALADARES, R. F. D.; MAGALHÃES, K. A.; MORAES, E. H. B. K.; PORTO, M. O.; ANDREATTA, K. Exigências nutricionais de zebuínos: energia. **R. Bras. Zootec.**, v. 33, p. 781-791, 2004b.

PEREIRA, G. M. **Exigências de proteína e energia de carneiros Santa Inês na região semiárida brasileira**. 2011. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Centro de Saúde e Tecnologia Rural, Universidade Federal de Campina Grande, Patos, 2011.

PEREIRA, J. C. C. **Fundamentos de bioclimatologia aplicados à produção animal**. Belo Horizonte: FEPMVZ, 2005.

PEREIRA, M. W. F. **Variáveis nutricionais e nictemerais de dietas com diferentes fontes de lipídeos em ovinos Santa Inês**. 2013. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2013.

PORTILHO, F. P.; VITTI, D. M. S. S.; ABDALLA, A. L.; McMANUS, C. M.; REZENDE, M. J. M.; LOUVANDINI, H. Minimum phosphorus requirement for Santa Ines lambs reared under tropical conditions. **Small Rumin. Res.**, v. 63, p. 170–176, 2006.

PULINA, G.; BETTATI, T.; SERRA, F. A.; CANNAS, A. Razio-O: costruzione e validazione di un software per l'alimentazione degli ovini da latte. *In*: ATTI CONGRESSO NAZIONALE DELLA SOCIETÀ ITALIANA DI PATOLOGIA E DI ALLEVAMENTO DEGLI OVINI E DEI CAPRINI, 1996, Varese. **Proceedings...** Varese: SIPAOC, 1996. p.11-14.

REGADAS FILHO, J. G. L. **Exigências energéticas e proteicas de ovinos Santa Inês em crescimento**. 2009. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2009.

RÊGO, A. C.; OLIVEIRA, M. D. S.; SIGNORETTI, R. D.; DIB, V.; ALMEIDA, G. B. S. Comportamento ingestivo de vacas leiteiras alimentadas com silagem de milho ou milho. **Biosci. J.**, v. 30, p. 1149-1157, 2014.

RESENDE, K. T.; SILVA, H. G. O.; LIMA, L. D.; TEIXEIRA, I. A. M. A. Avaliação das exigências nutricionais de pequenos ruminantes pelos sistemas de alimentação recentemente publicados. **R. Bras. Zootec.**, v. 37, p. 161-177, 2008.

RESENDE, K. T.; TEIXEIRA, I. A. M. A.; FERNANDES, M. H. M. R. Metabolismo de energia. *In*: BERCHIELLI, T. T.; PIRES, A. V.; OLIVEIRA, S. G. (editores). **Nutrição de ruminantes**. Jaboticabal: Funep, 2006. p. 311-332.

RODRIGUES, R. T. S. **Desempenho e exigências de energia e proteína de cordeiros sem padrão racial definido de diferentes classes sexuais**. 2013. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Vale do São Francisco, Petrolina, 2013.

RODRIGUES, R. T. S.; CHIZZOTTI, M. L.; MARTINS, S. R.; SILVA, I. F.; QUEIROZ, M. A. A.; SILVA, T. S.; BUSATO, K. C.; SILVA, A. M. A. Energy and protein requirements of non-descript breed hair lambs of different sex classes in the semiarid region of Brazil. **Trop. Anim. Health Prod.**, v. 48, p. 87–94, 2016.

RUFINO, L. D. A. **Substituição do farelo de soja por levedura seca inativa em dietas de ovinos**. 2011. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2011.

SALAH, N.; SAUVANT, D.; ARCHIMÈDE, H. Nutritional requirements of sheep, goats and cattle in warm climates: a meta-analysis. **Animal.**, v. 8, p. 1439–1447, 2014.

SANTOS, E. M. **Estimativa de consumo e exigências nutricionais de proteína e energia de ovinos em pastejo no semiárido**. 2006. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Centro de Saúde e Tecnologia Rural, Universidade Federal de Campina Grande, Patos, 2006.

SANTOS, T. R. **Farelo de mamona tratado com óxido de cálcio, fornecido seco ou úmido para cordeiros**. 2011. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2011.

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

SILVA, J. F. C.; LEÃO, M. I. **Fundamentos de nutrição de ruminantes**. Piracicaba: Livrocetes, 1979.

STARLING, J. M. C.; SILVA, R. G.; NEGRÃO, J. A.; MAIA, A. S. C.; BUENO, A. R. Variação estacional dos hormônios tireoideanos e do cortisol em ovinos em ambiente tropical. **R. Bras. Zootec.**, v. 34, p. 2064-2073, 2005.

ST-PIERRE, N. R. Invited review: integrating quantitative findings from multiple studies using mixed model methodology. **J. Dairy Sci.**, v. 84, p. 741–755, 2001.

TAYLOR, C. S.; THEISSEN, R. B.; MURRAY, J. Inter-breed relationship of maintenance efficiency to milk yield in cattle. **Anim. Prod.**, v. 43, p. 37–61, 1986.

TAYLOR, C. S.; TURNER, H. G.; YOUNG, G. B. Genetic control of equilibrium maintenance efficiency in cattle. **Anim. Prod.**, v. 33, p. 179–194, 1981.

TEDESCHI, L. O.; CANNAS, A.; FOX, D. G. A nutrition mathematical model to account for dietary supply and requirements of energy and nutrients for domesticated small ruminants: the development and evaluation of the Small Ruminant Nutrition System. **R. Bras. Zootec.**, v. 37, p. 178-190, 2008.

TEDESCHI, L. O.; FOX, D. G.; SAINZ, R. D.; BARIONI, L. G.; MEDEIROS, S. R.; BOIN, C. Mathematical models in ruminant nutrition. **Sci. Agric.**, v. 62, p. 76-91, 2005.

VALADARES FILHO, S. C.; MACHADO, P. A. S.; CHIZZOTTI, M. L.; AMARAL, H. F.; MAGALHÃES, K. A.; ROCHA JÚNIOR, V. R.; CAPELLE, E. R. **Tabelas brasileiras de composição de alimentos para bovinos (CQBAL 3.0)**. Disponível em: <<http://www.ufv.br/cqbal>>. Acesso em: 07 dez. 2016.

VALADARES FILHO, S. C.; PAULINO, P. V. R.; MAGALHÃES, K. A.; PAULINO, M. F.; DETMANN, E.; PINA, D. S.; AZEVÊDO, J. A. G. Tabelas de composição de alimentos e exigências nutricionais de zebuínos: dados brasileiros. *In*: V SIMPÓSIO DE PRODUÇÃO DE GADO DE CORTE, 2006, Viçosa. **Anais...** Viçosa: UFV, 2006. p. 47-80.

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

VIEIRA, P. A. S.; PEREIRA, L. G. R.; AZEVÊDO, J. A. G.; NEVES, A. L. A.; CHIZZOTTI, M. L.; SANTOS, R. D.; ARAÚJO, G. G. L.; MISTURA, C.; CHAVES, A. V. Development of mathematical models to predict dry matter intake in feedlot Santa Ines rams. **Small Rumin. Res.**, v. 112, p. 78-84, 2013.

YÁÑEZ, E. A.; RESENDE, K. T.; FERREIRA, A. C. D.; PEREIRA FILHO, J. M.; SILVA SOBRINHO, A. G.; TEIXEIRA, I. A. M. A.; MEDEIROS, A. N. Restrição alimentar em caprinos: rendimento, cortes comerciais e composição da carcaça. **R. Bras. Zootec.**, v. 35, p. 2093-2100, 2006.