

## 8

# Exigências de energia para ovinos deslanados em crescimento

*Elzania Sales Pereira, Caio Julio Lima Herbster, Marcos Inácio Marcondes, Luciana Castro Geraseev, Antonio de Sousa Brito Neto, Marcilio de Sousa Mendes, João Paulo Pacheco Rodrigues, José Augusto Gomes Azevêdo, Leilson Rocha Bezerra, Ronaldo Lopes Oliveira, Alessandra Pinto de Oliveira e Aderbal Marcos de Azevedo Silva*

## INTRODUÇÃO

As bases do atual conhecimento sobre o metabolismo dos mamíferos tiveram seu início a partir das descobertas realizadas pelo francês Antoine Lavoisier (Prentice, 1995), considerado o pai da química moderna. Lavoisier reconheceu que os processos vitais envolviam o consumo de um novo elemento ao que chamou ‘oxigênio’. Em conjunto com o matemático Pierre-Simon Laplace, devotou considerável atenção aos problemas físicos, em especial àqueles conectados ao calor, desenvolvendo alguns dos primeiros trabalhos em termoquímica. Ambos combinaram calorimetria direta (perda de calor) e indireta (troca de gases) para mostrar que a quantidade de calor produzida era diretamente proporcional à quantidade de oxigênio consumida. Lavoisier estudou o metabolismo humano e, em 1790, determinou que o consumo do oxigênio aumentava com a ingestão de alimentos, trabalho muscular e exposição ao

frio. Este, então, fez um elo entre seu trabalho em química e o metabolismo com a frase “*La vie est une fonction chimique*”. Mais tarde, em estudos executados nos EUA, na Universidade da Califórnia – Davis, Max Kleiber e seu grupo conceituaram o metabolismo de energia nos mamíferos.

## EXPRESSANDO O VALOR ENERGÉTICO DOS ALIMENTOS

A energia não é considerada nutriente, entretanto, pode ser utilizada pelos animais a partir da digestão de carboidratos, proteínas e lipídeos. A energia pode ser expressa em unidades de calorias ou joules. Uma caloria (cal) representa a quantidade de energia necessária para elevar a temperatura de 1 g de água de 14,5 para 15,5°C. A caloria pode ser ainda expressa como kcal (1000 cal) ou Mcal (1000 kcal), enquanto a conversão entre caloria e joule (J) pode ser feita considerando que 1 cal equivale a 4,184 J.

As estimativas de energia no BR-CAPRINOS & OVINOS são baseadas em unidades de calorias, sendo os valores estimados factíveis de transformação para joules. Além disso, ressalta-se que a lógica das etapas de utilização da energia foi baseada nos conceitos expostos por Lofgreen & Garrett (1968).

O processo de utilização da energia por animais possui etapas relacionadas à sua liberação nas fases de digestão, metabolização e eficiência de utilização. Assim, a variação observada entre a quantidade consumida de matéria alimentar da dieta e os seus resíduos indigeríveis, recuperados nas fezes, representa a digestibilidade do alimento (Maynard *et al.*, 1984).

As palavras variação ou balanço são mais apropriadas do que desaparecimento ou perda, de acordo com o princípio de conservação da matéria, condição particular de aplicação da Primeira Lei da Termodinâmica, já que matéria e energia são inseparáveis: ambas são expressões ou medidas diferentes de algo comum.

Já as funções produtivas dos animais domésticos envolvem transformações da energia ingerida (obedecendo às leis da termodinâmica), que é o alimento (energia/matéria) nos produtos desejados, como leite, carne, entre outros (Brody, 1945; Kleiber, 1975).

O conteúdo de energia de um alimento ou dieta é medido pelo calor de combustão, ou energia bruta (EB), que equivale ao total de energia liberada quando uma substância orgânica é completamente oxidada a dióxido de carbono e água.

Embora a EB seja diretamente relacionada à composição química, não representa o valor energético útil do alimento ou da dieta

a qual os ruminantes estão submetidos. Após a ingestão, parte da energia desse alimento é perdida nas fezes como energia fecal. Assim, obtém-se a energia digestível (ED), a qual apresenta alguma informação sobre o alimento, pois representa a EB processada no trato digestório do animal, sendo definida como:

$$ED = EB - EF \quad \text{Eq. 8.1}$$

onde ED é a energia digestível (Mcal/dia); EB é a energia bruta consumida (Mcal/dia); e EF é a energia eliminada nas fezes (Mcal/dia).

No entanto, as perdas energéticas associadas aos processos digestórios são ignoradas, havendo superestimação para alimentos volumosos e subestimação para alimentos concentrados.

Historicamente utilizada, a medida dos nutrientes digestíveis totais (NDT) não apresenta vantagens ou desvantagens em relação à medida ED, o que permite relacionar a quantidade de matéria digerida com o seu valor energético. Entretanto, estudos foram realizados para determinar o conteúdo energético do NDT, o que resultou na estimativa média de 4,4 kcal de energia digerível contidos em 1g de NDT. Assim, o valor médio de energia metabolizável contido nesta unidade é da ordem de 3,6 kcal/g (Blaxter *et al.*, 1966).

Para conversão, pode-se utilizar o valor médio que 1 kg de NDT é equivalente a 4,409 Mcal de ED. O cálculo da ED ou NDT traz um considerável aumento de significância nutricional ao mensurar-se o valor energético de um alimento, no entanto, ainda não representando a fração metabolicamente utilizável pelo animal. Nesse sentido, o calor de combustão da dieta, subtraído daquele medido nas fezes, na urina e nos gases combustíveis (principalmente metano), representa

a energia metabolizável, ou seja, a fração da energia bruta disponível ao animal para o atendimento das necessidades de manutenção e produção, sendo essencialmente aditiva, pois esta condição está relacionada à lei de Hess ou princípio das somas constantes de calor. É medida em nível de manutenção para padronização do protocolo experimental. No entanto, correções podem ser feitas para o plano nutricional, de modo que a metabolização da energia por animais ruminantes tem como perdas energéticas na forma de gases (EG), como metano e dióxido de carbono, e na urina (EU), fatores a serem considerados no aproveitamento da energia. Assim, a energia metabolizável é definida como:

$$EM = ED - (EG + EU) \quad \text{Eq. 8.2}$$

onde EM é a energia metabolizável (Mcal/dia); ED é a energia digestível (Mcal/dia); EG é a energia eliminada na forma de gases (Mcal/dia); e EU é a energia eliminada na urina (Mcal/dia).

A proporção da energia perdida na urina e nos gases é considerada pouco variável em rações bem balanceadas. Sendo assim, a conversão da ED para EM é usualmente calculada por décadas através do fator 0,82, ou seja,  $EM = ED \times 0,82$ . Esse fator é aceitável para ovinos alimentados com dietas comumente balanceadas (Johnson, 1972).

O fator 0,82 continuou a ser usado nas publicações dos sistemas mundiais, embora o NRC (1985) tenha alertado que a relação entre ED e EM pode variar consideravelmente entre os ingredientes da ração ou dietas. Ressalta-se que esse valor pode ser maior para dietas de alto grão ou suplementadas com gordura, cabendo o desenvolvimento de equações de predição de metabolizabilidade ou perdas por EG e EU em vários tipos de dietas. No BR-CAPRINOS & OVINOS, o

fator de conversão da ED em EM de 0,85 é sugerido.

O BR-CAPRINOS & OVINOS se baseia na EM para estimativa das exigências nutricionais, a qual foi introduzida por Kenneth Lyon Blaxter, na década de 60, e os alimentos passaram a ser tratados diferentemente quanto ao seu valor nutricional, pois esse valor energético individual dependia da dieta na qual o alimento era introduzido, do consumo de matéria seca e da função produtiva desempenhada pelo animal. Os alimentos passaram a ser listados em relação ao seu conteúdo em EM (inicialmente em Mcal/kgMS e, posteriormente, em MJ/kgMS), medido em nível de manutenção. O efeito aditivo foi considerado pressuposição básica para o balanceamento de dietas (Blaxter *et al.*, 1966; Van Soest, 1994).

As estimativas em nível de EM são aplicáveis e interpretáveis, avaliando qualitativamente o valor energético das dietas. No entanto, ao alcançar tal etapa, deve-se ainda considerar a finalidade da utilização da energia, havendo a necessidade de estimativa das eficiências de utilização da EM para manutenção (*km*) ou ganho de peso (*kg*). Essas eficiências estão relacionadas às perdas por incremento calórico (IC), o qual pode ser definido como uma ineficiência do uso da EM, ou aumento do calor produzido como resultado da digestão e dos processos metabólicos (NRC, 1985).

O cálculo das exigências diárias em energia, nos diferentes sistemas (AFRC, 1993; CSIRO, 2007; NRC, 2007), tem por base a determinação do conteúdo em energia líquida (EL) do produto derivado de determinada função produtiva (crescimento, lactação, reprodução etc.). São adicionadas a estas as exigências de EL para os processos de manutenção e, em seguida, aplicadas eficiências

específicas de cada sistema, para a estimativa das exigências em EM cujas diferenças se devem, principalmente, às condições dietéticas predominantes (AFRC, 1993; Fox *et al.*, 1995; Noller; Moe, 1995).

A relação funcional entre a EL e o teor de NDT, também determinado em nível de manutenção, é preferencialmente empregada nos Estados Unidos, em virtude do grande número de dados que contêm informações tabeladas sobre os teores de NDT dos alimentos. Considerando que ovinos em crescimento apresentam basicamente exigências para a manutenção e crescimento, os quais têm processos metabólicos e eficiências de utilização diferentes, a EM pode ser fracionada da seguinte forma:

$$EMT = EMm + EMg \quad \text{Eq. 8.3}$$

$$EMm = ELM/km \quad \text{Eq. 8.4}$$

$$EMg = ELg/kg \quad \text{Eq. 8.5}$$

onde EMT é a energia metabolizável total (Mcal/dia); EMm é a energia metabolizável para manutenção (Mcal/dia); EMg é a energia metabolizável para o ganho de peso (Mcal/dia); ELM é a energia líquida para manutenção (Mcal/dia); ELg é a energia líquida para o ganho de peso (Mcal/dia); km é a eficiência de utilização da energia metabolizável para manutenção; e kg é a eficiência de utilização da energia metabolizável para o ganho de peso.

O fracionamento descrito acima norteia a lógica das estimativas de exigências de energia do BR-CAPRINOS & OVINOS. De forma resumida, o total de EM ingerida pelos animais pode ser fracionada em energia retida (ER) e produção de calor (PCI), de modo que

os fracionamentos desses componentes resultam nas seguintes equações:

$$CEM = ER + PCI \quad \text{Eq. 8.6}$$

$$ER = ELg \quad \text{Eq. 8.7}$$

$$PCI = ELM + ICm + ICg \quad \text{Eq. 8.8}$$

$$ICm = EMm - (EMm \times km) \quad \text{Eq. 8.9}$$

$$ICg = EMg - (EMg \times kg) \quad \text{Eq. 8.10}$$

onde CEM é o consumo de energia metabolizável (Mcal/dia); ER é a energia retida (Mcal/dia); PCI é a produção de calor (Mcal/dia); EMT é a exigência de energia metabolizável total (Mcal/dia); ELM é a exigência de energia líquida para manutenção (Mcal/dia); ELg é a exigências de energia líquida para o ganho (Mcal/dia); ICm é o incremento calórico associado à manutenção que corresponde à ineficiência no uso da EMm (Mcal/dia); ICg é o incremento calórico associado a produção que corresponde à ineficiência no uso da EMg (Mcal/dia); EMm é a exigência de energia metabolizável para manutenção (Mcal/dia); km é a eficiência de utilização da energia metabolizável para manutenção; EMg é a energia metabolizável para o ganho (Mcal/dia); e kg é a eficiência de utilização da energia metabolizável para o ganho.

A partição clássica da energia dietética está apresentada na Figura 8.1.

Assim, a partir dos valores de ELM, EMm, km, ELg, EMg e kg a serem estimados para ovinos deslanados, será possível modelar a metabolização da energia pelos animais, predizendo as necessidades de energia a serem fornecidas na dieta para o provimento de adequada manutenção e crescimento de ovinos.

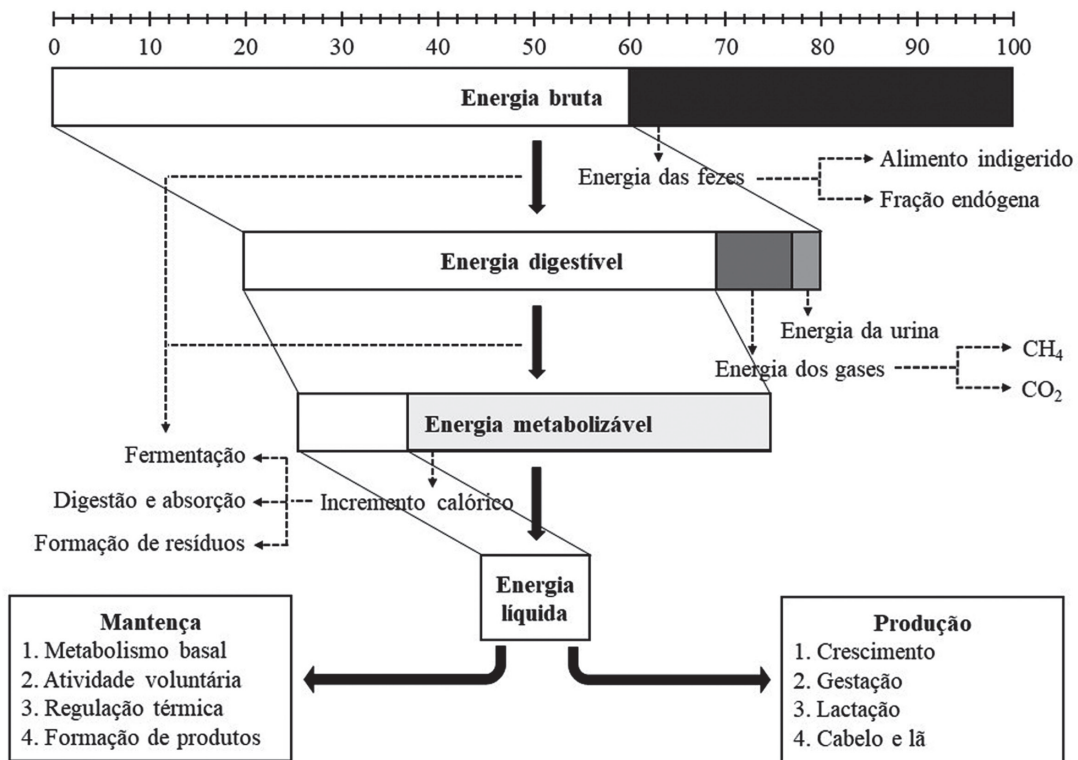


Figura 8.1 – Partição da energia consumida por animais.

## TÉCNICAS PARA ESTIMATIVA DE EXIGÊNCIA DE ENERGIA

As principais técnicas utilizadas para estimar as exigências nutricionais são o abate comparativo e a calorimetria. Experimentos de alimentação de longo prazo têm sido considerados como uma possibilidade para estimar as exigências.

### Abate comparativo

Uma avaliação precisa do valor energético dos alimentos requer a medição da quantidade real de energia, que é retida pelo animal, como produto, ou perdida pelo organismo. Na técnica do abate comparativo, no início das provas experimentais, um grupo de animais é abatido (denominados animais referência) e considera-se que a composição corporal desses animais seja representativa daqueles que serão submetidos a um período de alimentação, os quais posteriormente serão abatidos. Para isso, inicialmente,

é estimado o peso de corpo vazio (PCVZ) dos animais experimentais, plotando PCVZ dos utilizados como referência em função do peso corporal (PC). A partir dessas relações, o PCVZ e a composição corporal inicial dos animais experimentais são estimados. Portanto, a ER é obtida a partir da diferença entre a energia corporal final e inicial. Nessa técnica, o CEM dos animais é mensurado de forma direta e a PCI obtido pela diferença entre CEM e a ER.

Para obtenção das estimativas, utilizando essa técnica, é necessário que os animais sejam alimentados com diferentes níveis de EM. Assim, a ER é medida como a alteração no conteúdo de energia corporal de animais alimentados em dois ou mais níveis de ingestão, acima do nível de manutenção, durante um período de alimentação, os quais podem ser alcançados com restrição quantitativa ou diferentes relações de volumoso:concentrado. Por exemplo, a variação na proporção dos ingredientes da dieta, tais como a relação

volumoso:concentrado, resultará em variação na ER no corpo e na produção de calor.

Uma vantagem da técnica do abate comparativo é permitir que as pesquisas sejam realizadas em condições semelhantes às de propriedades rurais. Em 1968, o California Net Energy System (CNES), proposto por Lofgreen e Garrett, popularizou essa técnica e, a partir de então, foi utilizada nos estudos que constituíram a base das recomendações do National Research Council para bovinos e ovinos. O BR-CAPRINOS & OVINOS adota o California Net Energy System (CNES).

### Calorimetria

Na calorimetria direta, o calor despendido pelo animal é medido pelo aumento da temperatura de um volume conhecido de água ou por meio de corrente elétrica. Já na calorimetria indireta, que pode ser de circuito aberto ou fechado, o calor é obtido através dos quocientes respiratórios (quantidade de gás carbônico produzido; quantidade de oxigênio consumida), os quais, para carboidratos, proteínas e gordura, são 1.0; 0.8 e 0.7, respectivamente (Rodriguez *et al.*, 2007). Neste método, a determinação da produção de calor é realizada com animais alimentados em nível de produção de acordo com o tratamento estabelecido (manutenção do peso, intermediário e *ad libitum*), nas diferentes fases fisiológicas, ou após jejum de 48h de sólidos. Os volumes (L/dia) de O<sub>2</sub> consumido, CO<sub>2</sub> e CH<sub>4</sub> produzidos em 24h e o nitrogênio urinário excretado (NU, g/dia) são utilizados para estimar a produção de calor (PCI).

Quando a calorimetria é utilizada, o CEM e a PCI são mensurados diretamente e a ER é obtida por diferença. A limitação do uso de estimativas de calorimetria refere-se à sua falta de aplicabilidade em condições práticas de alimentação.

### Alimentação de Longo Prazo

A alimentação de longo prazo consiste basicamente em determinar a quantidade de alimento necessária para manter PC do animal (Taylor *et al.*, 1986). A maior limitação é que o resultado será uma aproximação, ao invés de uma medida exata. Além disso, está sujeito a erros decorrentes devido à dificuldade de pesar os animais com precisão, possíveis mudanças no conteúdo do trato gastrointestinal, dentre outros.

### DESCRIÇÃO DO BANCO DE DADOS

O banco de dados utilizado para estimativa das exigências de energia para manutenção e ganho de peso foi constituído por 11 estudos que utilizaram a técnica do abate comparativo (Tabela 8.1).

O banco de dados foi constituído em grande parte de ovinos da raça Santa Inês (n = 171), seguidos de animais da raça Morada Nova (n = 78), Somalis Brasileira (n = 47), sem padrão racial definido (SRD, n = 36), mestiços Dorper x Santa Inês (n = 35) e Dorper (n = 15). Dessa forma, o banco apresentou um total de 382 observações, das quais 74 foram animais utilizados em grupos referência, sendo 54 animais não castrados e 20 animais castrados; 308 animais foram utilizados nos ensaios de desempenho, incluindo 245 animais não castrados e 63 animais castrados. O efeito de sexo foi testado. A estatística descritiva das variáveis utilizadas para estimativa das exigências está apresentada na Tabela 8.2.

Para estimativa do fator de conversão de ED em EM foram utilizados seis estudos, sendo quatro baseados na técnica do abate comparativo e dois estudos de calorimetria indireta (Tabela 8.3).

Tabela 8.1 – Descrição do banco de dados utilizado para a estimativa das exigências de energia para ovinos em crescimento.

Estudo	n	Genótipo	Classe sexual	Sistema de criação	EM <sup>1</sup>
Silva <i>et al.</i> (2010)	32	Santa Inês	Castrado	Pastejo	1,6-2,3
Pereira (2011)	30	Santa Inês	Não castrado	Confinamento	2,0-2,1
Costa <i>et al.</i> (2013)	47	Morada Nova	Não castrado	Confinamento	1,0-3,2
Regadas Filho <i>et al.</i> (2013)	23	Santa Inês	Não castrado	Confinamento	1,5-4,8
Pereira <i>et al.</i> (2014)	47	Somalís Brasileira	Não castrado	Confinamento	0,6-5,7
Oliveira <i>et al.</i> (2014)	34	Santa Inês	Não castrado	Confinamento	1,8-3,5
Rodrigues <i>et al.</i> (2016)	19/17	SRD <sup>2</sup>	Não castrado /castrado	Confinamento	1,8-2,6
Pereira <i>et al.</i> (2017)	19/18	Santa Inês	Não castrado /castrado	Confinamento	1,6-2,7
Assis <i>et al.</i> (2018)	15/15	Dorper e Santa Inês	Não castrado	Pastejo	–
Pereira <i>et al.</i> (2018)	15/16	Morada Nova	Não castrado /castrado	Confinamento	2,1-2,7
Mendes <i>et al.</i> (2021)	35	Dorper × Santa Inês	Não castrado	Confinamento	1,2-2,2

n = Número de unidades experimentais (animais); <sup>1</sup>EM = Energia metabolizável (Mcal/kg MS); <sup>2</sup>SRD = Sem padrão racial definido.

Tabela 8.2 – Estatística descritiva do banco de dados utilizado para a estimativa das exigências de energia para ovinos em crescimento.

Variáveis	n	Média	Máximo	Mínimo	DP
<b>Machos não castrados</b>					
PC <sub>i</sub> (kg)	245	18,02	39,60	9,00	7,69
PC <sub>m</sub> (kg)	245	22,80	43,47	10,09	7,52
PC <sub>f</sub> (kg)	299	25,81	54,40	9,90	9,13
PCVZ <sub>i</sub> (kg)	245	13,76	32,36	5,46	6,39
PCVZ <sub>m</sub> (kg)	245	18,36	34,51	7,45	6,22
PCVZ <sub>f</sub> (kg)	299	20,22	41,66	6,34	7,67
PCVZ (kg <sup>0,75</sup> )	245	8,78	14,24	4,51	2,22

n = Número de unidades experimentais (animais); DP = Desvio padrão; PC<sub>i</sub> = Peso corporal inicial; PC<sub>m</sub> = Peso corporal médio; PC<sub>f</sub> = Peso corporal final; PCVZ<sub>i</sub> = Peso de corpo vazio inicial; PCVZ<sub>m</sub> = Peso de corpo vazio médio; PCVZ<sub>f</sub> = Peso de corpo vazio final; PCVZ<sup>0,75</sup> = Peso de corpo vazio metabólico médio; GMD = Ganho médio diário; GPCVZ = Ganho de peso de corpo vazio; CEM = Consumo de energia metabolizável; ER = Energia retida; PCL = Produção de calor.

Tabela 8.2 – Estatística descritiva do banco de dados utilizado para a estimativa das exigências de energia para ovinos em crescimento. (Continuação).

Variáveis	n	Média	Máximo	Mínimo	DP
GMD (kg/dia)	245	0,11	0,37	-0,10	0,07
GPCVZ (kg/dia)	245	0,09	0,31	-0,15	0,07
CEM (Mcal kg <sup>0,75</sup> PCVZ/dia)	221	0,19	0,75	0,04	0,09
ER (Mcal kg <sup>0,75</sup> PCVZ/dia)	245	0,03	0,09	-0,05	0,02
PCI (Mcal kg <sup>0,75</sup> PCVZ/dia)	221	0,16	0,69	0,02	0,08
<b>Machos castrados</b>					
PC <sub>i</sub> (kg)	63	15,83	22,00	12,50	2,07
PC <sub>m</sub> (kg)	63	19,37	25,95	14,88	2,78
PC <sub>f</sub> (kg)	83	21,33	31,70	7,98	5,51
PCVZ <sub>i</sub> (kg)	63	12,46	21,12	8,82	3,10
PCVZ <sub>m</sub> (kg)	63	15,19	24,36	10,47	3,00
PCVZ <sub>f</sub> (kg)	83	16,71	29,33	7,67	4,65
PCVZ (kg <sup>0,75</sup> )	63	7,67	10,97	5,82	1,12
GMD (kg/dia)	63	0,09	0,23	-0,09	0,07
GPCVZ (kg/dia)	63	0,07	0,18	-0,10	0,06
CEM (Mcal kg <sup>0,75</sup> PCVZ/dia)	63	0,17	0,27	0,06	0,05
ER (Mcal kg <sup>0,75</sup> PCVZ/dia)	63	0,03	0,07	-0,04	0,02
PCI (Mcal kg <sup>0,75</sup> PCVZ/dia)	63	0,14	0,22	0,07	0,03

n = Número de unidades experimentais (animais); DP = Desvio padrão; PC<sub>i</sub> = Peso corporal inicial; PC<sub>m</sub> = Peso corporal médio; PC<sub>f</sub> = Peso corporal final; PCVZ<sub>i</sub> = Peso de corpo vazio inicial; PCVZ<sub>m</sub> = Peso de corpo vazio médio; PCVZ<sub>f</sub> = Peso de corpo vazio final; PCVZ<sup>0,75</sup> = Peso de corpo vazio metabólico médio; GMD = Ganho médio diário; GPCVZ = Ganho de peso de corpo vazio; CEM = Consumo de energia metabolizável; ER = Energia retida; PCL = Produção de calor.

Tabela 8.3 – Banco de dados utilizado para avaliação da relação entre energia metabolizável e energia digestível em ovinos.

Estudo	Nível de alimentação	Genótipo	n	PC (kg)	CMS (kg/dia)	% MS			Consumo de energia (Mcal/dia)			Relação EM:ED																														
						PB	EE	FDN	EB	ED	EM																															
Santos (2020)	Manutenção	DP × SI	4	20,0	0,394	11,0	2,0	53,3	4,4	2,5	2,0	0,82																														
													4	20,0	0,364	12,5	4,5	57,0	4,0	3,2	2,3	0,73																				
																							4	20,0	0,365	12,5	4,0	50,0	4,4	2,4	2,0	0,85										
																																	4	20,0	0,324	11,2	1,2	49,9	3,5	2,4	1,9	0,80
Macedo Junior (2008)	Intermediário	SI	40	48,5	1,218	11,1	2,7	43,9	5,8	3,8	3,3	0,85																														
													33	53,4	1,073	9,8	2,5	56,4	5,0	3,2	2,7	0,85																				
Mendes <i>et al.</i> (2021)	Alto	DP × SI	10	39,1	1,369	14,2	3,0	49,8	5,9	2,8	2,3	0,82																														
													10	36,2	0,972	14,2	3,0	49,8	4,2	2,2	1,9	0,84																				
	10	30,6	0,513	14,2	3,0	49,8	2,2	1,2	1,1	0,84																																
											Alto	DP × SI	8	28,9	1,120	15,8	3,0	45,6	5,1	3,3	2,8	0,85																				
Intermediário	DP × SI	8	26,2	0,754	15,8	3,0	45,6	3,4	2,4	2,0													0,85																			
											Manutenção	DP × SI	8	21,0	0,376	15,8	3,0	45,6	1,7	1,2	1,1	0,87																				
Brito Neto (2024)	Alto	SI	12	22,6	0,818	13,9	3,1	43,0	3,6	2,3													2,0	0,85																		
											12	22,4	0,815	13,4	2,5	56,5	3,6	2,2	1,8	0,83																						
																					12	16,0			0,297	13,4	2,5	56,5	1,3	0,9	0,7	0,84										
A. C. Rocha <sup>1</sup>	Alto	SI/MN	6	32,2	1,151	12,6	2,4	51,4	5,5	4,0	3,3	0,83																														
													6	32,2	1,057	11,1	2,6	51,5	4,9	3,4	2,9	0,84																				
	6	32,0	1,071	9,2	2,9	51,5	5,0	3,4	2,8	0,83																																
											6	19,5											0,347	12,6	2,4	51,4	1,6	1,1	0,9	0,77												
																															6	19,5	0,347	12,6	2,4	51,4	1,6	1,1	0,9	0,77		

n = Número de unidades experimentais (animais); DP × SI = Dorper × Santa Inês; SI = Santa Inês; MN = Morada Nova; PC = Peso corporal; CMS = Consumo de matéria seca; PB = Proteína bruta; FDN = Fibra em detergente neutro; EE = Extrato etéreo; EB = Energia bruta; ED = Energia digestível; EM = Energia metabolizável. <sup>1</sup>Estudos não publicados.

As exigências de energia líquida para manutenção foram também obtidas usando a respirometria. Os dados utilizados foram provenientes do estudo de Santos (2020), no qual foram utilizados 20 ovinos da raça Santa Inês, com PC médio de 20 kg. O cálculo da produção de calor foi realizado de acordo com a equação de Brouwer (1965):

$$PCI \text{ (kj/dia)} = (16,18 \times VO_2) + (5,02 \times VCO_2) - (5,99 \times NU) - (2,17 \times CH_4) \quad \text{Eq. 8.11}$$

onde:  $VO_2$  é o volume de  $O_2$  consumido;  $VCO_2$  é o volume de  $CO_2$  produzido;  $VCH_4$  é o volume de  $CH_4$  produzido; e NU é o nitrogênio, em gramas, excretado na urina.

Para a transformação dos dados em calorias, foi utilizado como referência o valor de 1 Joule correspondente a 0,239 calorias. A perda de energia na produção de  $CH_4$  foi quantificada, assumindo-se o valor de 9,45 kcal/L de  $CH_4$  produzido. Na calorimetria indireta, a produção de calor dos animais em jejum alimentar corresponde as exigências de ELM, uma vez que, nesta situação, o incremento calórico é igual a zero.

## RELAÇÃO EM:ED

Predições confiáveis de ED e EM são necessárias para prescrever com precisão as exigências nutricionais dos animais. A estimativa precisa da EM dietética é crítica nos sistemas de avaliação de rações, pois é um pré-requisito para estimar a EL. Por décadas EM foi calculada a partir da multiplicação de  $ED \times 0,82$ . O fator 0,82 tem sido usado principalmente por causa das equações de energia líquida propostas por Garrett (1980).

Os estudos usados para derivar o fator 0,82 foram conduzidos com apenas três ovinos lanados (Downcross, Scots Blackface e South Country Cheviot) e três bovinos alimentados em nível de manutenção com dietas ricas em forragem (Blaxter & Wainman, 1961). O fator de conversão de 0,82 para converter ED em EM então foi publicado pela ARC (1965). Posteriormente, o uso de  $ED \times 0,82$  foi adotado pelo NRC (1976).

O NRC (1985) relatou que a conversão era possível, entretanto, advertiu que, para dietas com alto teor de grãos, foram observados valores maiores, em um estudo realizado com ovinos por Johnson (1972).

O NASEM (2016) e o BR-CORTE (2016) sustentam que o fator de conversão de ED em EM é variável, e essa variação fica entre 0,82 e 0,93 para bovinos em crescimento. Além disso, para a concentração de ED, a composição química da dieta é um fator determinante. Como a diferença entre ED e EM é representada como perdas de energia gasosa e urinária, o fator pode variar de acordo com o consumo, relação volumoso:concentrado, balanço de energia e proteína e concentração de fibra dietética.

Para estimativa da relação EM:ED, no BR-CAPRINOS & OVINOS foi ajustado uma regressão linear entre a EM e ED conforme o modelo a seguir:

$$EM = \beta_0 + \beta_1 \times ED \quad \text{Eq. 8.12}$$

Nesse modelo, o coeficiente de inclinação da equação ( $\beta_1$ ) corresponde ao fator de conversão de ED em EM (Mcal/dia), gerando o seguinte modelo:

$$EM \text{ (Mcal/dia)} = -0,03727 (\pm 0,01798) + 0,8503 (\pm 0,005864) \times ED \text{ (Mcal/dia)} \quad \text{Eq. 8.13}$$

A estimativa do coeficiente de inclinação, ou do fator de conversão para ovinos, é 0,85, variando entre 0,84 e 0,86 com intervalo de confiança de 95%. A relação EM:ED é apresentada na Figura 8.2.

Na Figura 8.3 estão apresentadas a relação entre EM observada e predita a partir da ED, usando o fator 0,82 (ARC, 1965) e de 0,85 do BR-CAPRINOS & OVINOS. A sugestão do fator 0,85 para conversão de ED em EM demonstra que existe uma boa correlação entre os valores de concentração de ED e EM de alimentos ou dietas. O AFRC (1993) reporta que EM:ED varia de 0,81 a 0,86.

Segundo CSIRO (2007), para forrageiras tropicais, o fator 0,81 pode ser utilizado. Ovinos deslanados alimentados com dietas a base de forrageiras tropicais de médio valor nutricional, o fator 0,85 é mais adequado. Além disso, a utilização de energia pelos ruminantes pode diferir dependendo de seu estado fisiológico, especificamente se estão em crescimento ou maduros. Assim, a proporção de EM:ED, geralmente é maior em ruminantes em crescimento do que em ruminantes maduros, porque as perdas de metano e energia urinária são menores em ruminantes em crescimento (Vermorel *et al.*, 1980), o que é coerente com BR-CAPRINOS & OVINOS, onde todas as informações geradas foram oriundas de banco de dados de animais em crescimento.

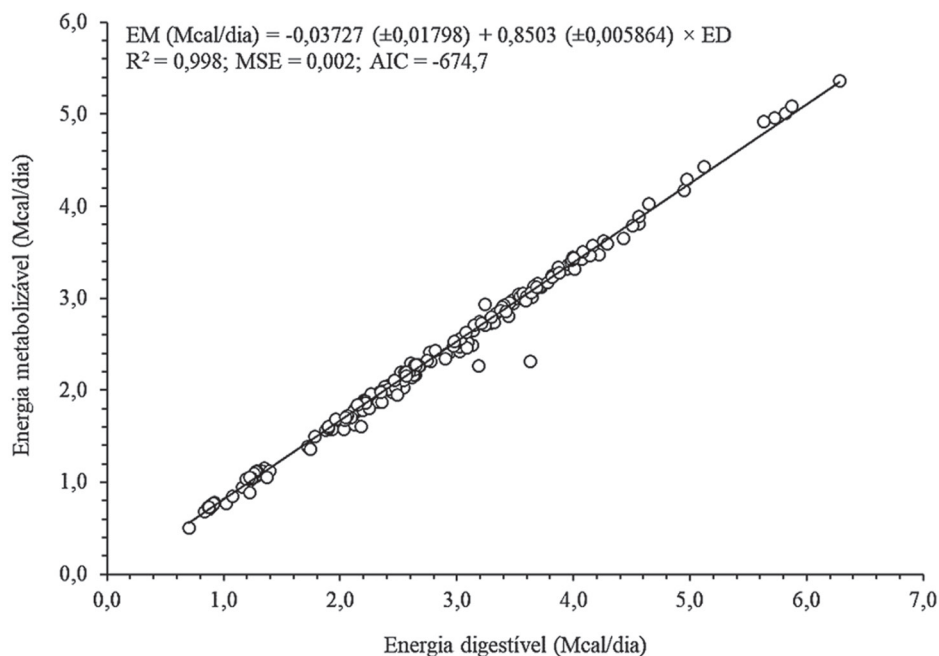


Figura 8.2 – Relação entre energia metabolizável (EM) e energia digestível (ED) em ovinos deslanados.

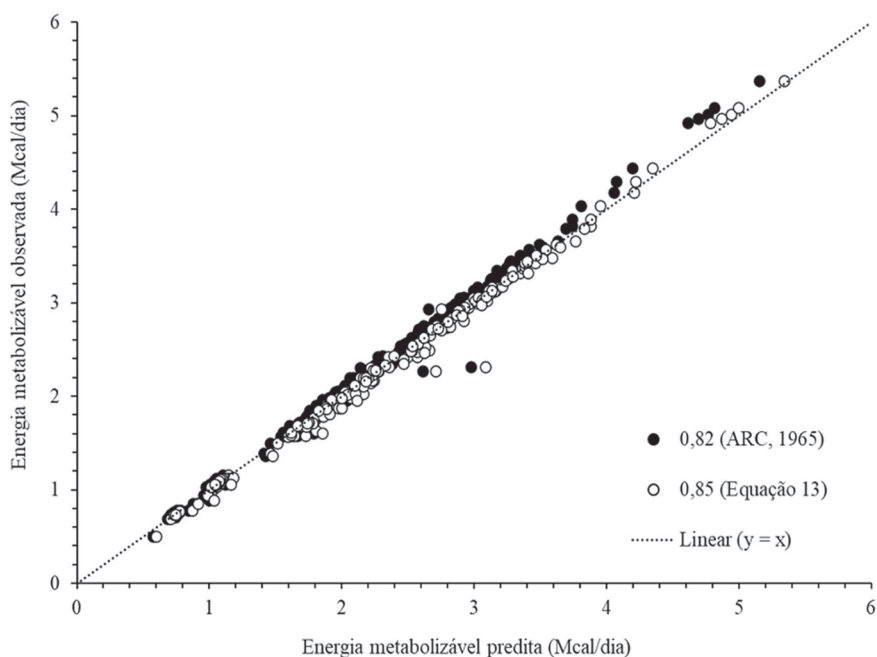


Figura 8.3 – Relação entre energia metabolizável (EM) observada e a EM predita a partir da energia digestível usando o fator 0,82 (ARC, 1965) e usando o fator 0,85 (Equação 8.13).

## EXIGÊNCIAS DE ENERGIA PARA MANTENÇA

A energia requerida pelo animal para que este mantenha o seu peso corporal constante é tradicionalmente definida como exigência de manutenção (Crooker *et al.*, 1991), sendo equivalente à fração de EM “perdida” na forma de calor. No entanto, o peso pode se manter constante mesmo que ocorram mudanças consideráveis na composição corporal, alterando, desse modo, a quantidade de energia depositada na forma de tecidos. Sendo assim, a definição mais precisa para exigência de manutenção é a quantidade de energia dietética requerida pelo animal para que este mantenha a quantidade de energia corporal constante, sem deposição ou mobilização de tecidos (NRC, 1984).

Nos Sistemas (NRC, 2007; CSIRO, 2007), a ELM é acrescida de ajustes associados à idade, sexo, atividades voluntárias, fatores ambientais, termorregulação, nível

de CEM, índice de maturidade e energia dispendida para as vísceras. Assim, em nível de manutenção, as exigências basais de energia são atendidas plenamente. Dessa forma, o balanço de energia, isto é, o ganho e a perda de energia dos tecidos do animal como um todo, é zero.

A ELM é representada pela energia dispendida no metabolismo basal e pelo calor produzido em uma situação de consumo zero. Contudo, em condições práticas, torna-se impossível manter os animais em condições de consumo zero. Dessa forma, o calor produzido pelos animais mantidos em diferentes níveis de consumo energético pode ser estimado por extrapolação.

Nos estudos iniciais, a ELM foi comumente estimada usando o antilogaritmo do intercepto da equação de regressão entre o logaritmo da PCI e CEM, que representa a produção de calor de um animal em jejum, conforme preconizado por Lofgreen & Garret (1968). No entanto, o uso de dados logaritmi-

zados tem diminuído, pois a logaritmização implica na linearização dos dados, e a PCI não é um evento linear. Dessa maneira, o emprego de modelos não lineares (exponenciais) vem sendo utilizado para descrever a relação entre a PCI e CEM. Além disso, demonstram menores resíduos de variância e melhores ajustes para essa relação. No BR-CAPRINOS & OVINOS, o valor de ELM é estimado pela relação não-linear entre a PCI (Mcal/kg<sup>0,75</sup> PCVZ/dia) e o CEM (Mcal/kg<sup>0,75</sup> PCVZ/dia), conforme o modelo a seguir:

$$PCI = \beta_0 \times e^{(\beta_1 \times CEM)} \quad \text{Eq. 8.14}$$

Nesse modelo, o intercepto da equação ( $\beta_0$ ) é considerado a Elm (Mcal/kg<sup>0,75</sup> PCVZ/dia), o qual corresponde a PCI (Mcal/kg<sup>0,75</sup> PCVZ/dia) para o nível zero de ingestão de EM. Já CEM é o consumo de energia metabolizável (Mcal/kg<sup>0,75</sup> PCVZ/dia), e o (e) da equação corresponde ao número de Euler.

No BR-CAPRINOS & OVINOS é sugerido uma única equação para estimativa da ELM, pois não houve efeito de classe sexual.

$$PCI = 0,065_{(\pm 0,00137)} \times e^{[4,428 (\pm 0,0808) \times CEM]} \quad \text{Eq. 8.15}$$

A estimativa do intercepto, ou do valor de ELM, para ovinos é 0,065 Mcal/kg<sup>0,75</sup> PCVZ/dia, variando entre 0,064 e 0,066, com intervalo de confiança de 95%. Quando convertido para kg<sup>0,75</sup> de peso corporal em jejum (PCJ), utilizando o fator de conversão de 1,21 (PCJ/PCVZ) obtido no Capítulo 1, o valor de ELM (54 kcal/kg<sup>0,75</sup> PCJ/dia) sugerido pelo BR-CAPRINOS & OVINOS é inferior ao valor sem ajuste do NRC (2007) de 62 kcal/kg<sup>0,75</sup> PCJ/dia. Um valor mais elevado de ELM (71,6 kcal/kg<sup>0,75</sup> PCJ/dia) foi obtido no estudo isolado com Dorper x Santa Inês por Galvani *et al.* (2014).

A manutenção do corpo tem grande importância sobre a economia total do animal; segundo Ferrell & Jenkins (1985), 65 a 70% da energia total necessária para produção de carne é utilizada para suprir a exigência de manutenção. As funções que compõem as necessidades de manutenção do animal podem ser de dois tipos: serviço e associadas com a manutenção celular. As funções de serviço são aquelas realizadas por tecidos ou órgãos para benefício de todo o organismo, representam aproximadamente 35-50% da produção de calor de metabolismo basal e incluem os trabalhos da circulação e da respiração, fígado e rins (desintoxicação, manutenção da osmolaridade e pH corporal) e as funções nervosas. Os componentes da manutenção celular se denominam ciclos substrato e abrangem transporte de íons (Na e Ca), reciclagem de proteínas e de lipídeos. Diferenças nos ciclos substrato determinam grande parte da variação nas exigências para manutenção. As taxas de reciclagem de proteína são superiores em animais jovens a baixos níveis de alimentação, enquanto a reciclagem de triglicerídeos aumenta em resposta a elevados níveis de alimentação. O transporte de íons é maior em animais jovens em relação aos adultos. Processos como manutenção da temperatura corporal também contribui com os gastos de energia para manutenção.

Na estimativa da ELM usando a calorimetria indireta, a PCI dos ovinos em jejum foi de 0,061 Mcal/kg<sup>0,75</sup> PCJ/dia. Tendo em vista que a definição conceitual de ELM corresponde a PCI do animal em jejum, isto impede seu uso direto na formulação de rações, pois animais em produção não estão em jejum. Nesse caso, a ELM deve ser convertida em EMm. Para isso, é necessário o conhecimento da eficiência de utilização da energia metabolizável para manutenção (*km*). Garrett (1980) considerou a concentração de

EM como a variável que afeta a estimativa da ELM, logo, a  $km$  pode ser obtida a partir da razão entre a ELM e a EMm. O NRC (2007) recomenda um valor fixo de 0,644 para  $km$ .

É possível estabelecer a exigência de EMm por meio da relação exponencial entre a PCI e o CEM. Pode-se determinar, a partir do método iterativo, o ponto onde o CEM e a PCI se igualam, sendo esse ponto considerado a exigência de EMm. No BR-CAPRINOS & OVINOS, a EMm corresponde a 0,102 Mcal/kg<sup>0,75</sup> PCVZ/dia e o valor de  $km$  foi de 0,64 (Figura 4).

Ovinos castrados e não castrados apresentam exigências de manutenção semelhantes, e a ausência de efeito do sexo sobre a ELM pode ser explicada pela similaridade dos tecidos metabolicamente ativos, bem como pelo tamanho relativo dos órgãos viscerais entre

machos. As estimativas das exigências energéticas para manutenção de ovinos deslanados são menores do que os valores relatados pelo NRC (2007) e INRA (2018). NRC (2007) sugere que machos não castrados apresentam uma exigência 15% maior em relação aos machos castrados.

Estudos anteriores com caprinos (Andrade *et al.*, 2020) e ovinos (Nie *et al.*, 2015) não relataram diferenças no crescimento de órgãos viscerais entre os sexos. Aproximadamente 50% da ELM é consumida pelo turnover proteico e movimentação de substâncias, contra gradientes de concentração, para o qual são necessárias ligações fosfato de alta energia (Blaxter, 1966), principalmente nos tecidos que compõem o trato gastrointestinal e o fígado, pois esses órgãos viscerais são metabolicamente muito ativos e apresentam alto gasto energético (Baldwin *et al.*, 2004).

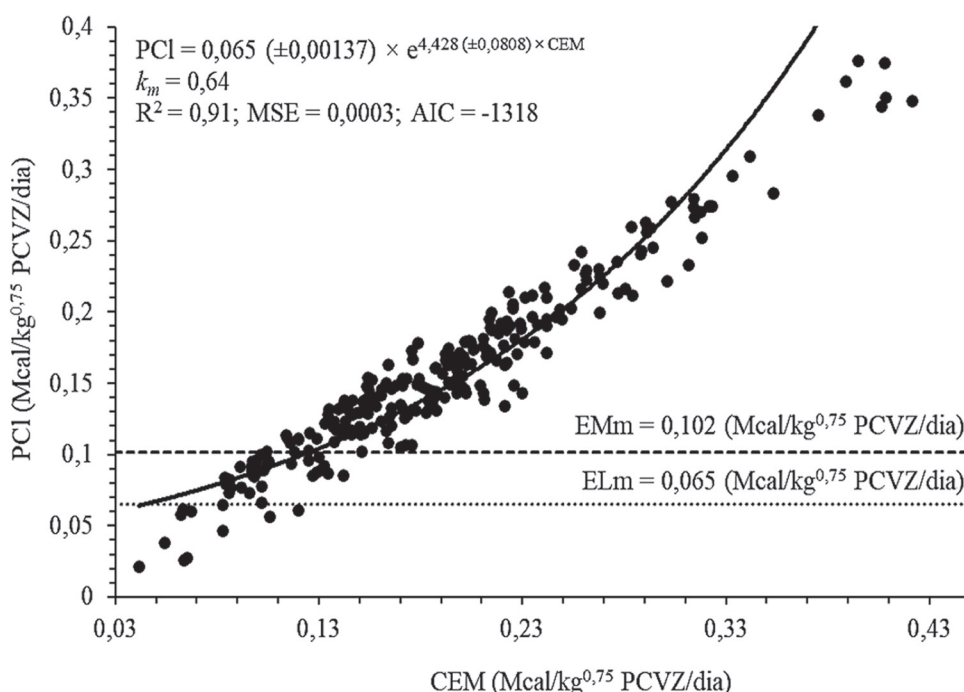


Figura 8.4 – Equação exponencial de predição da produção de calor em função do consumo de energia metabolizável com as respectivas estimativas das exigências de energia líquida para manutenção (ELM) e energia metabolizável para manutenção (EMm) de ovinos deslanados em crescimento.

Ambos NRC (2007) e INRA (2018) sugerem os valores não ajustados de 0,062 e 0,067 Mcal/kg<sup>0,75</sup> PCJ por dia, respectivamente. Os valores desses Sistemas são 15 e 24% maiores do que o sugerido pelo BR-CAPRINOS & OVINOS, de 0,054 Mcal/kg<sup>0,75</sup>PCJ/dia, respectivamente. Essas diferenças podem estar relacionadas à metodologia utilizada para a estimativa, assim como à energia utilizada nos processos que consomem energia, mas não fazem parte diretamente dos caminhos metabólicos, desde os precursores absorvidos até os produtos sintetizados, o que é denominado “metabolismo de suporte” (Williams & Jenkins, 2003).

Quando aplicado a calorimetria, a produção de calor do metabolismo de suporte é contabilizada na manutenção, observando-se, assim, maiores exigências de ELM, se comparadas aos valores estimados pelo abate comparativo. Além disso, os genótipos tropicais geralmente são mais gordos em comparação com os genótipos temperados (Salah *et al.* 2014; Mendes *et al.*, 2021), portanto seu metabolismo basal é reduzido, o que resulta em menor valor na ELM. Ovinos deslanados apresentam maiores quantidades de gordura visceral, abdominal e pélvica em pesos elevados.

## EXIGÊNCIAS DE ENERGIA PARA GANHO DE PESO

Com relação aos requerimentos líquidos de energia para o crescimento, estes consistem na quantidade de energia depositada nos tecidos, a qual está em função das proporções de gordura e proteína no ganho de peso de corpo vazio (GPCVZ). Para estimar as exigências de ganho de peso, é imprescindível conhecer a taxa de ganho, a composição dos

tecidos ganho e as eficiências de uso dos nutrientes (Tedeschi *et al.*, 2004).

BR-CAPRINOS & OVINOS utiliza o modelo proposto pelo NRC (1984) para estimar as exigências líquidas de energia para ganho de peso (ELg, Mcal/dia):

$$ELg = \beta_0 \times PCVZ^{0,75} \times GPCVZ^{\beta_1} \quad \text{Eq. 8.16}$$

onde:  $\beta_0$  corresponde ao antilog da regressão linear, e  $\beta_1$  é a inclinação da regressão linear do log da ER (Mcal/kg<sup>0,75</sup> PCVZ/dia) em função do log do GPCVZ (kg/dia).

A classe sexual não afetou o intercepto ( $P > 0,05$ ) da regressão linear do logaritmo do ER (Mcal/kg<sup>0,75</sup> PCVZ/ dia) sobre o logaritmo do GPCVZ (kg/dia), mas a inclinação foi influenciada ( $P < 0,05$ ), portanto, foram geradas duas equações para estimar a ELg para machos não castrados (Equação 8.17) e castrados (Equação 8.18), respectivamente:

$$ELg = 0,248_{(\pm 0,04055)} \times PCVZ^{0,75} \times GPCVZ^{0,8767_{(\pm 0,03293)}} \quad \text{Eq. 8.17}$$

$$ELg = 0,248_{(\pm 0,04055)} \times PCVZ^{0,75} \times GPCVZ^{0,8300_{(\pm 0,03468)}} \quad \text{Eq. 8.18}$$

A interação entre o PCVZ e o GPCVZ é relevante, pois afeta o incremento de ELg em função do aumento do PCVZ (Figura 8.5) e fica evidente uma maior deposição de energia por unidade de ganho de peso em animais com maior PCVZ. Isto, provavelmente, está associado à maior deposição de energia na forma de gordura. Fatores como idade, peso, maturidade fisiológica, classe sexual, nível de alimentação, taxa de ganho de peso e genótipo influenciam a ELg.

O sexo modula a dinâmica dos nutrientes e a atividade metabólica dos tecidos devido à variação nos níveis de hormônios

androgênicos e altera a composição corporal. Machos castrados depositam mais gordura no ganho e, conseqüentemente, apresentam maiores exigências de energia para o ganho de peso. A castração em machos causa redução dos níveis plasmáticos de testosterona e indiretamente de outros hormônios anabólicos, como o fator de crescimento semelhante à insulina.

Machos castrados não têm o mesmo potencial anabólico que machos não castrados e, conseqüentemente, sintetizam menos proteína e mais gordura. Quando o animal é jovem, a composição do ganho apresenta maiores proporções de proteína e água. Conforme o animal cresce e atinge o peso adulto, a concentração de gordura aumenta, a proteína se estabiliza no corpo vazio do animal e, conseqüentemente, o teor de água diminui (Mendes *et al.*, 2022).

Os valores de ELg neste Sistema são diferentes das recomendações sugeridas pelos Comitês, principalmente em pesos corporais mais elevados. Assim, considerando um macho não castrado com PC de 30 kg e GMD de 150 g/dia, a demanda de ELg corresponde a 0,448 Mcal/dia, valor 26% (0,564 Mcal/dia) inferior ao recomendado pelo NRC (2007), tais diferenças podem ser devido a este sistema considerar o grau de maturidade do animal em sua equação de ganho. Adotando o valor de 64 kg como peso à maturidade de ovinos deslanados machos (Mendes *et al.*, 2022), os valores de ELg estimados pelo NRC (2007) para animais com 30 kg de PC são 20% maiores do que o observado para

ovinos deslanados. Isso ocorre porque a composição do ganho de peso é influenciada pelo genótipo, o que pode explicar a diferença entre a ELg deste Sistema e o recomendado pelo NRC (2007). De fato, o NRC (2007) supõe um aumento significativo na taxa de retenção de gordura e, conseqüentemente, na energia corporal, a partir de 25 kg de PC, o que não é compatível com o crescimento de ovinos deslanados.

Os diversos Comitês mundiais reportam que o verdadeiro determinante da composição do ganho é o peso relativo ao peso à maturidade do grupo genético ao qual o animal pertence. Quando comparados animais de maturidade fisiológica precoce com animais de maturidade tardia, observa-se maior conteúdo corporal de gordura e menor de proteína nos animais de maturidade precoce. Considerando que o estágio de maturidade fisiológica é importante nos estudos de composição química corporal, as exigências energéticas devem ser corrigidas pelo fator de maturidade fisiológica.

Ambos NRC (2007) e CSIRO (2007) consideram o grau de maturidade do animal, representado pela razão entre o peso corporal e o peso à maturidade para estabelecer diferenças nos padrões de retenção energética. Assume-se que os genótipos com maior peso à maturidade apresentam incremento nas taxas de retenção de gordura corporal somente em pesos mais elevados. As equações para estimativa da ELg para ovinos não são ajustadas para o peso à maturidade.

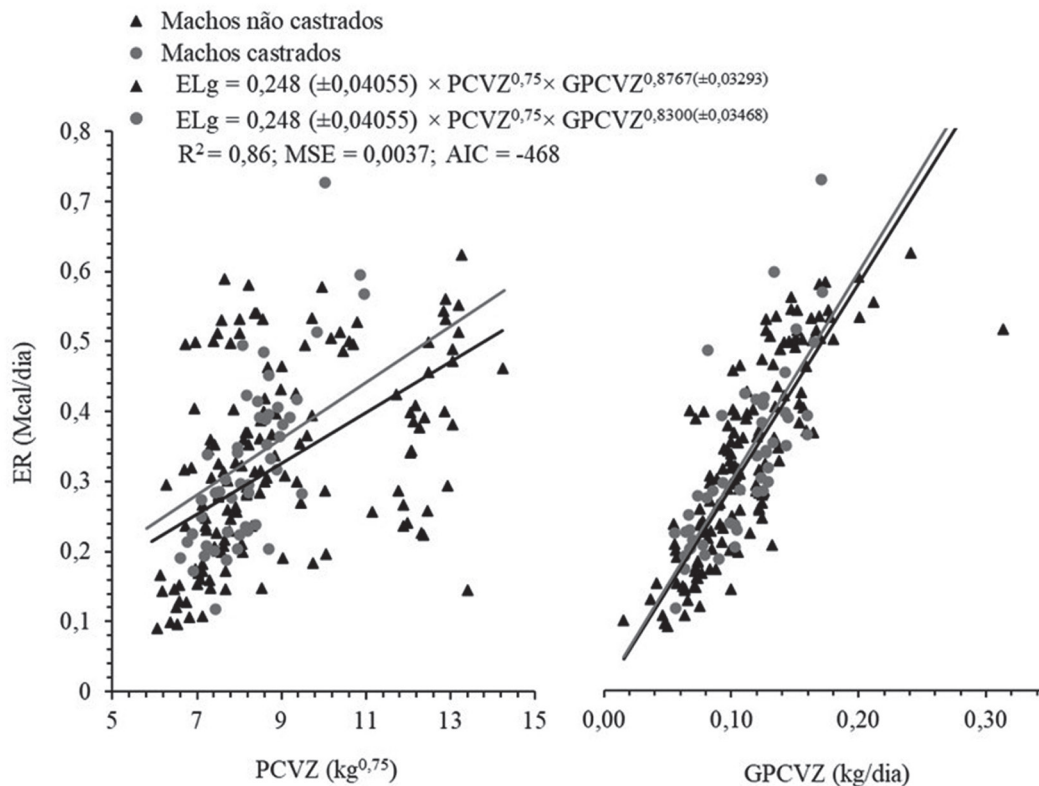


Figura 8.5 – Exigências de energia líquida de ganho em função do peso de corpo vazio metabólico ( $\text{kg}^{0,75}$  PCVZ) e do ganho de peso de corpo vazio (GPCVZ) em ovinos deslanados em crescimento.

Para converter a ELg em EMg foi estimada a eficiência de utilização da energia para ganho de peso ( $kg$ ). Para isso, foi utilizado o princípio sugerido por Ferrell & Jenkins (1998), regressando a ER em função do CEM. No entanto, adaptou-se a retirada do intercepto e utilização do consumo de energia metabolizável para ganho (CEMg) ao invés do CEM, como recomendado por Galvani *et al.* (2014).

$$ER = \beta_0 + \beta_1 \times CEMg \quad \text{Eq. 8.19}$$

onde:  $\beta_0$  e  $\beta_1$  são o intercepto e a inclinação da regressão linear, respectivamente, sendo que nesse modelo a inclinação corresponde a  $kg$ . CEMg ( $\text{Mcal}/\text{kg}^{0,75} \text{PCVZ} / \text{dia}$ ) é a diferença entre CEM ( $\text{Mcal}/\text{kg}^{0,75} \text{PCVZ}/\text{dia}$ ) e EMM ( $\text{Mcal}/\text{kg}^{0,75} \text{PCVZ}/\text{dia}$ ) assumindo que ER ( $\text{Mcal}/\text{kg}^{0,75} \text{PCVZ}/\text{dia}$ ) é nulo quando CEM ( $\text{Mcal}/\text{kg}^{0,75} \text{PCVZ}/\text{dia}$ ) é zero.

A classe sexual não afetou a inclinação da regressão linear (Figura 8.6) e assim uma única equação foi ajustada. O valor de  $kg$  sugeridos para machos não castrados e castrados para ovinos deslanados é 0,29.

$$ER = 0,0080(\pm 0,004072) + 0,2872(\pm 0,05273) \times CEMg \quad \text{Eq. 8.20}$$

A  $kg$  representa a energia alimentar, que é metabolizada e retida no organismo do animal e pode ser influenciada por diversos fatores, como ambiente, atividade animal, energia retida como proteína e metabolizabilidade da dieta (ARC, 1980). Ambos, CSIRO (2007) e NRC (2007) estabelecem  $kg$  com base nas características da dieta.

Em termos de aproveitamento energético, a gordura é depositada de forma mais eficiente que a proteína devido ao maior *turnover* no tecido proteico em comparação

ao tecido adiposo, e, assim, demanda maior gasto energético por unidade de proteína depositada (BR-CORTE, 2016). Por outro lado, em termos de massa de PCVZ ou GPVZ, o ganho de proteína é mais eficiente do que de gordura, pois a porção isenta de gordura do ganho é composta por aproximadamente 75% de água (Ratray & Joyce, 1976). São adicionados entre 4 a 5 g de água a cada grama de proteína depositada, enquanto no tecido adiposo está associado menos de 1 g de água por grama de gordura depositada. Assim, a mesma proporção de energia utilizada para depositar 1 grama de gordura em termos de massa de PCVZ resultaria em um ganho 5 a 6 vezes maior quando direcionado à deposição de proteínas (CSIRO, 2007).

O metabolismo energético do crescimento pode ser avaliado considerando a energia retida no tecido como um conceito uniforme, definindo a eficiência desse processo como  $kg$  e separando as principais entidades químicas envolvidas no crescimento, ou seja, a energia retida na forma de proteína e de gordura, com uma eficiência de deposição  $k_{\text{proteína}}$  ( $k_{\text{prot}}$ ) e  $k_{\text{gordura}}$  ( $k_{\text{gord}}$ ), respectivamente (Marcondes *et al.*, 2013).

Energeticamente, a deposição de gordura é mais eficiente do que a de proteína. Isso se deve às diferentes vias bioquímicas e ao maior *turnover* diário de proteína em relação à gordura (Vermorel & Bickel, 1980; NRC, 2007). O valor de  $k_{\text{prot}}$  é influenciado pelo estágio fisiológico, nível e qualidade da dieta e perfil de aminoácidos (CSIRO, 1990), o qual, por sua vez, dita parcialmente o *turnover* de proteína. Fatores como composição da dieta, taxa de deposição de proteína e energia, estado fisiológico, genótipo e ambiente podem afetar a composição do ganho de peso e a  $kg$  (Garrett, 1980).

Portanto, variações nos valores de  $kg$  entre os estudos podem estar relacionadas às diferenças no tecido ganho, uma vez que a composição do ganho é o principal fator determinante da  $kg$  (Tedeschi *et al.*, 2010). Valores superiores de  $kg$ , 0,345 e 0,409 para animais alimentados com forragem de média e baixa qualidade, respectivamente, foram reportados para animais mestiços Dorper x Santa Inês. Essas diferenças foram associadas às mudanças na eficiência de deposição de gordura (Galvani *et al.*, 2014).

Sabe-se que a  $kg$  aumenta conforme o estágio de maturação avança, devido ao aumento no potencial de deposição de gordura e à estabilização de proteínas no corpo vazio do animal (NRC, 2007; Pereira *et al.*, 2018). Dessa forma, assim como as estimativas de ELg, os valores de  $kg$  podem ser afetados pela composição do ganho de peso (Graham, 1980; Galvani *et al.*, 2014). No banco de dados de ovinos deslançados, os valores de  $k_{\text{prot}}$  e  $k_{\text{gord}}$  foram estimados a partir dos conteúdos de proteína e gordura, multiplicados pelos teores calóricos 5,686 e 9,367 kcal/g, respectivamente. Desse modo, quanto maior a porcentagem de proteína no ganho, menor será a sua concentração energética e vice-versa.

A equação proposta por Van Es (1980) foi utilizada para a obtenção da  $k_{\text{prot}}$  e  $k_{\text{gord}}$  nesse Sistema:

$$\text{CEM} = \beta_0 + \beta_1 \times \text{ERg} + \beta_2 \times \text{ERp} \quad \text{Eq. 8.21}$$

onde CEM é o consumo de energia metabolizável (Mcal/kg<sup>0,75</sup> PCVZ/dia); ERg é a energia retida como gordura (Mcal/kg<sup>0,75</sup> PCVZ/dia); ERp é a energia retida como proteína (Mcal/kg<sup>0,75</sup> PCVZ/dia);  $\beta_0$  corresponde a estimativa da EMM; e  $\beta_1$  e  $\beta_2$  são os coeficientes que representam as quantidades requeridas para depositar 1 Mcal de EM na

forma de gordura e proteína, respectivamente. As eficiências de RE como gordura e proteína foram calculadas como o recíproco dos coeficientes  $\beta_1$  e  $\beta_2$ , ou seja,  $1/\beta_1$  e  $1/\beta_2$ , respectivamente. Usando a Equação 8.21 a EMM foi estimada como  $0,123 \text{ Mcal/kg}^{0,75}$  PCVZ/dia,  $k_{\text{gord}}$  como 0,78 e  $k_{\text{prot}}$  como 0,27. O Small Ruminant Nutrition System (SRNS) considera a proporção da ER na forma de proteína e gordura como 0,27 e 0,68, respectivamente (Tedeschi *et al.*, 2010).

A  $kg$  está correlacionada com a deposição tecidual corporal, logo, a aplicação de um valor fixo de  $kg$  pode superestimar a energia

do ganho no corpo do animal (CSIRO 2007), principalmente quando este ganho é formado prioritariamente por proteína (Marcondes *et al.*, 2013).

No entanto, não foi possível estimar o valor de  $kg$  utilizando dos valores de  $k_{\text{prot}}$  e  $k_{\text{gord}}$  para Ovinos. Dessa forma, mantém-se a recomendação de 0,29 para machos não castrados e castrados, respectivamente.

Assim, ressalta-se a necessidade de incremento do banco de dados para futuras estimativas de  $kg$ , e correções para níveis de ganho de peso e peso à maturidade.

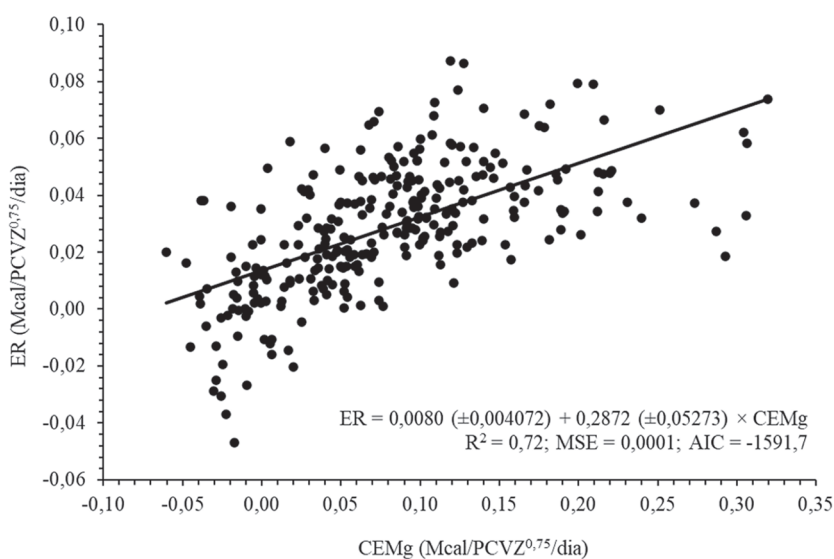


Figura 8.6. Relação entre a energia retida (ER) e o consumo de energia metabolizável para ganho (CEMg) de ovinos deslançados em crescimento.

## RESUMO DAS EQUAÇÕES E EXEMPLO PRÁTICO

O sumário das equações recomendadas para a predição das exigências nutricionais de energia para ovinos deslanados em crescimento está apresentado na Tabela 8.4.

Tabela 8.4 – Resumo das equações utilizadas para estimar as exigências nutricionais de energia para ovinos deslanados em crescimento.

Item	Equação	Unidade
PCJ	$-0,547 + 0,9313 \times PC$	kg
PCVZ	$1,4944 + 0,8816 \times PCJ$	kg
GPCVZ	$0,906 \times GMD$	kg/dia
ELm	$0,065 \times PCVZ^{0,75}$	Mcal/dia
<i>km</i>	0,64	%
<i>kg</i>	0,29	%
EMm	$ELm/0,64$	Mcal/dia
Elg (não castrado)	$0,248 \times PCVZ^{0,75} \times GPCVZ^{0,8767}$	Mcal/dia
Elg (castrado)	$0,248 \times PCVZ^{0,75} \times GPCVZ^{0,8300}$	Mcal/dia
EMg (não castrado)	$ELg/0,29$	Mcal/dia
EMg (castrado)	$ELg/0,29$	Mcal/dia
ELT	$ELm + ELg$	Mcal/dia
EMT	$EMm + EMg$	Mcal/dia
ED	$EMT/0,85$	Mcal/dia
NDT	$ED/4,409$	kg/dia

PC = Peso corporal; PCJ= Peso de corpo em jejum; PCVZ = Peso de corpo vazio; GPCVZ = Ganho de peso de corpo vazio; ELm = Exigência de energia líquida para manutenção; *km*= Eficiência de uso da energia para manutenção; *kg* = Eficiência de uso da energia para ganho; EMm = Exigência de energia metabolizável para manutenção; Elg = Exigência de energia líquida para ganho; EMg = Exigência de energia metabolizável para ganho; ELT = Exigência de energia líquida total; EMT = Exigência de energia metabolizável total; ED = Energia digestível; NDT = Nutrientes digestíveis totais.

A fim de demonstrar a aplicação dos modelos apresentados nesse capítulo, será realizada a estimativa das exigências de energia para machos não castrados e castrados. Dessa forma, considerando um macho não castrado de 30 kg, ganhando 0,150 kg/dia, em confinamento, tem-se:

- $PCJ = -0,547 + 0,9313 \times PC = -0,547 + 0,9313 \times 30 = 27,392 \text{ kg}$
- $PCVZ = -1,4944 + 0,8816 \times PCJ = -1,494 + 0,8816 \times 27,392 = 22,654 \text{ kg}$
- $GPCVZ = 0,906 \times GMD = 0,906 \times 0,150 = 0,136 \text{ kg/dia}$
- $CMS = -145,68 + 77,3709 \times PC^{0,75} + 1,3985 \times GMD = -145,68 + 77,3709 \times 30^{0,75} + 1,3985 \times 150 = 1,056 \text{ kg/dia}$

- $ELm = 0,065 \times PCVZ^{0,75} = 0,065 \times 22,654^{0,75} = 0,675 \text{ Mcal/dia}$
- $km = 0,64$
- $EMm = ELm/km = 0,675/0,64 = 1,055 \text{ Mcal/dia}$
- $ELg = 0,248 \times PCVZ^{0,75} \times GPCVZ^{0,8767} = 0,248 \times 22,654^{0,75} \times 0,136^{0,8767} = 0,448 \text{ Mcal/dia}$
- $kg = 0,29$
- $EMg = ELg/kg = 0,448/0,29 = 1,544 \text{ Mcal/dia}$
- $ELT = ELm + ELg = 0,675 + 0,448 = 1,123 \text{ Mcal/dia}$
- $EMT = EMm + EMg = 1,055 + 1,544 = 2,599 \text{ Mcal/dia}$
- $ED = EMT/0,85 = 2,599/0,85 = 3,058 \text{ Mcal/dia}$
- $NDT = ED/4,409 = 3,058/4,409 = 0,693 \text{ kg/dia}$
- $NDT = (NDT/ CMS) \times 100 = (0,693/1,056) \times 100 = 65,62 \% \text{ NDT}$

Considerando um macho castrado de 30 kg, ganhando 0,150 kg/dia, em confinamento, tem-se:

- $PCJ = -0,547 + 0,9313 \times PC = -0,547 + 0,9313 \times 30 = 27,392 \text{ kg}$
- $PCVZ = -1,4944 + 0,8816 \times PCJ = -1,494 + 0,8816 \times 27,392 = 22,654 \text{ kg}$
- $GPCVZ = 0,906 \times GMD = 0,906 \times 0,150 = 0,136 \text{ kg/dia}$
- $CMS = -145,68 + 77,3709 \times PC^{0,75} + 1,3985 \times GMD = -145,68 + 77,3709 \times 30^{0,75} + 1,3985 \times 150 = 1,056 \text{ kg/dia}$
- $ELm = 0,065 \times PCVZ^{0,75} = 0,065 \times 22,654^{0,75} = 0,675 \text{ Mcal/dia}$
- $km = 0,64$
- $EMm = ELm/k_m = 0,675/0,64 = 1,055 \text{ Mcal/dia}$
- $ELg = 0,248 \times PCVZ^{0,75} \times GPCVZ^{0,8300} = 0,248 \times 22,654^{0,75} \times 0,136^{0,8300} = 0,492 \text{ Mcal/dia}$
- $kg = 0,29$
- $EMg = ELg/k_g = 0,492/0,29 = 1,697 \text{ Mcal/dia}$
- $ELT = ELm + ELg = 0,675 + 0,492 = 1,167 \text{ Mcal/dia}$
- $EMT = EMm + EMg = 1,055 + 1,697 = 2,752 \text{ Mcal/dia}$
- $ED = EMT/0,85 = 2,752/0,85 = 3,237 \text{ Mcal/dia}$
- $NDT = ED/4,409 = 3,237/4,409 = 0,734 \text{ kg/dia}$
- $NDT = (NDT/CMS) \times 100 = (0,734/1,056) \times 100 = 69,50 \% \text{ NDT}$

## TABELAS DE EXIGÊNCIAS DE ENERGIA PARA OVINOS DESLANADOS

As Tabelas 8.5 e 8.6 apresentam os valores estimados de energia líquida e metabolizável para manutenção e ganho de peso, bem como as exigências totais de ED e NDT para machos não castrados e castrados em crescimento com diferentes pesos corporais e níveis de ganho de peso diário, respectivamente.

Tabela 8.5 – Estimativas das exigências nutricionais de energia para ovinos deslançados machos não castrados em crescimento.

PC (kg)	PCJ (kg)	PCVZ (kg)	GMD (kg)	GPCVZ (kg)	CMS (g/dia)	ELm (Mcal/dia)	EMm (Mcal/dia)	ELg (Mcal/dia)	EMg (Mcal/dia)	EMT (Mcal/dia)	ED (Mcal/dia)	NDT (kg/dia)
	8,766	6,234	0,100	0,091	429,259	0,256	0,401	0,119	0,411	0,812	0,955	0,217
10	8,766	6,234	0,150	0,136	499,184	0,256	0,401	0,170	0,586	0,987	1,161	0,263
	8,766	6,234	0,200	0,181	569,109	0,256	0,401	0,219	0,755	1,156	1,360	0,308
15	13,423	10,339	0,100	0,091	583,890	0,375	0,586	0,174	0,601	1,187	1,396	0,317
	13,423	10,339	0,150	0,136	653,815	0,375	0,586	0,249	0,857	1,443	1,698	0,385
	13,423	10,339	0,200	0,181	723,740	0,375	0,586	0,320	1,103	1,689	1,987	0,451
20	18,079	14,444	0,100	0,091	725,899	0,482	0,752	0,224	0,772	1,524	1,793	0,407
	18,079	14,444	0,150	0,136	795,824	0,482	0,752	0,319	1,101	1,853	2,180	0,494
	18,079	14,444	0,200	0,181	865,749	0,482	0,752	0,411	1,417	2,169	2,552	0,579
25	22,736	18,549	0,100	0,091	859,203	0,581	0,908	0,270	0,931	1,839	2,164	0,491
	22,736	18,549	0,150	0,136	929,128	0,581	0,908	0,385	1,329	2,237	2,632	0,597
	22,736	18,549	0,200	0,181	999,053	0,581	0,908	0,496	1,710	2,618	3,080	0,699
30	27,392	22,654	0,100	0,091	985,957	0,675	1,055	0,314	1,082	2,137	2,514	0,570
	27,392	22,654	0,150	0,136	1055,882	0,675	1,055	0,448	1,544	2,599	3,058	0,694
	27,392	22,654	0,200	0,181	1125,807	0,675	1,055	0,576	1,986	3,041	3,578	0,811
35	32,049	26,760	0,100	0,091	1107,512	0,765	1,195	0,355	1,226	2,421	2,848	0,646
	32,049	26,760	0,150	0,136	1177,437	0,765	1,195	0,507	1,749	2,944	3,464	0,786
	32,049	26,760	0,200	0,181	1247,362	0,765	1,195	0,653	2,251	3,446	4,054	0,920
40	36,705	30,865	0,100	0,091	1224,786	0,851	1,330	0,396	1,364	2,694	3,169	0,719
	36,705	30,865	0,150	0,136	1294,711	0,851	1,330	0,564	1,946	3,276	3,854	0,874
	36,705	30,865	0,200	0,181	1364,636	0,851	1,330	0,726	2,505	3,835	4,512	1,023

PC = Peso corporal; PCJ = Peso corporal de jejum; PCVZ = Peso de corpo vazio; GPCVZ = Ganho médio diário; GPCVZ = Ganho de peso de corpo vazio; CMS = Consumo de matéria seca; ELm = Exigência de energia líquida para manutenção; EMm = Exigência de energia metabolizável para manutenção; ELg = Exigência de energia líquida para ganho; EMg = Exigência de energia metabolizável para ganho; EMT = Exigência de energia metabolizável total; ED = Energia digestível; NDT = Nutrientes digestíveis totais.

Tabela 8.6 – Estimativas das exigências nutricionais de energia para machos castrados em crescimento.

PC (kg)	PCJ (kg)	PCVZ (kg)	GMD (kg)	GPCVZ (kg)	CMS (g/dia)	ELm (Mcal/dia)	EMm (Mcal/dia)	ELg (Mcal/dia)	EMg (Mcal/dia)	EMT (Mcal/dia)	ED (Mcal/dia)	NDT (kg/dia)
	8,766	6,234	0,100	0,091	429,259	0,256	0,401	0,134	0,462	0,863	1,015	0,230
10	8,766	6,234	0,150	0,136	499,184	0,256	0,401	0,187	0,645	1,046	1,230	0,279
	8,766	6,234	0,200	0,181	569,109	0,256	0,401	0,237	0,817	1,218	1,433	0,325
15	13,423	10,339	0,100	0,091	583,890	0,375	0,586	0,196	0,676	1,262	1,485	0,337
	13,423	10,339	0,150	0,136	653,815	0,375	0,586	0,273	0,941	1,527	1,797	0,408
	13,423	10,339	0,200	0,181	723,740	0,375	0,586	0,346	1,193	1,779	2,093	0,475
20	18,079	14,444	0,100	0,091	725,899	0,482	0,752	0,251	0,866	1,618	1,903	0,432
	18,079	14,444	0,150	0,136	795,824	0,482	0,752	0,351	1,210	1,962	2,309	0,524
	18,079	14,444	0,200	0,181	865,749	0,482	0,752	0,445	1,534	2,286	2,690	0,610
25	22,736	18,549	0,100	0,091	859,203	0,581	0,908	0,303	1,045	1,953	2,297	0,521
	22,736	18,549	0,150	0,136	929,128	0,581	0,908	0,423	1,459	2,367	2,784	0,631
	22,736	18,549	0,200	0,181	999,053	0,581	0,908	0,536	1,848	2,756	3,243	0,735
30	27,392	22,654	0,100	0,091	985,957	0,675	1,055	0,352	1,214	2,269	2,669	0,605
	27,392	22,654	0,150	0,136	1055,882	0,675	1,055	0,492	1,697	2,752	3,237	0,734
	27,392	22,654	0,200	0,181	1125,807	0,675	1,055	0,623	2,148	3,203	3,769	0,855
35	32,049	26,760	0,100	0,091	1107,512	0,765	1,195	0,399	1,376	2,571	3,025	0,686
	32,049	26,760	0,150	0,136	1177,437	0,765	1,195	0,557	1,921	3,116	3,666	0,831
	32,049	26,760	0,200	0,181	1247,362	0,765	1,195	0,706	2,434	3,629	4,270	0,968
40	36,705	30,865	0,100	0,091	1224,786	0,851	1,330	0,444	1,531	2,861	3,366	0,763
	36,705	30,865	0,150	0,136	1294,711	0,851	1,330	0,620	2,138	3,468	4,080	0,925
	36,705	30,865	0,200	0,181	1364,636	0,851	1,330	0,786	2,710	4,040	4,753	1,078

PC = Peso corporal; PCJ = Peso corporal de jejum; PCVZ = Peso de corpo vazio; GPCVZ = Ganho médio diário; GPCVZ = Ganho de peso de corpo vazio; CMS = Consumo de matéria seca; ELm = Exigência de energia líquida para manutenção; EMm = Exigência de energia metabolizável para manutenção; ELg = Exigência de energia líquida para ganho; EMg = Exigência de energia metabolizável para ganho; EMT = Exigência de energia metabolizável total; ED = Energia digestível; NDT = Nutrientes digestíveis totais.

## 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*. London: Commonwealth Agricultural Bureau. The Gresham Press, 1980.
- Agricultural Research Council – ARC. *The Nutrient Requirements of Farm Livestock*. London: Agricultural Research Council, 1965.
- Andrade, M. E. B.; Härter, C. J.; Gindri, M.; Resende, K. T.; Teixeira, I. A. M. A. Visceral organ growth patterns in Saanen goats. *Journal of Agricultural Science*, 1-22, 2020.
- Assis, D. S. M.; Silva, A. M. A.; Nascimento Júnior, N. G.; Bezerra, L. R.; Pereira Filho, J. M.; Oliveira, R. L.; Pereira, E. S.; Nóbrega, G. H.; Moura, J. F. Dorper× Santa Ines F1 crossbred lambs under different grazing times and supplement levels in tropical regions: performance and macromineral requirements. *Italian Journal of Animal Science*, 17:931-940, 2018.
- Baldwin, R. L.; McLeod, K. R.; Klotz, J. L.; Heitmann, R. N. Rumen development, intestinal growth and hepatic metabolism in the pre and post weaning ruminant. *Journal of Dairy Science*, 87:55-65, 2004.
- Blaxter, K. L.; Clapperton, J. L.; Wainman, F. W. Utilization of the energy and protein of the same diet by cattle of different ages. *Journal of Animal Science*, 67:67-75, 1966.
- Blaxter, K. L.; Wainman, F. W. The utilization of food by sheep and cattle. *The Journal of Agricultural Science*, 57:419-425, 1961.
- BR-CORTE. Valadares Filho, S. C.; Costa e Silva, L. F.; Gionbelli, M. P.; Rotta, P. P.; Marcondes, M. I.; Chizzotti, M. L. *Nutrient Requirements of Zebu Beef Cattle – BR-CORTE*, 4 ed. – Viçosa: UFV, DZO. 2016.
- Brito Neto, A. S. *Exigências de energia para manutenção e ganho de peso de fêmeas Santa Inês e equações para predição do peso de carcaça, peso de corpo vazio, ganho de peso de corpo vazio e energia retida*. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, Ceará, Brasil, 2024.
- Brody, S. *Bioenergetics and growth*. New York: Reinhold Publishing, 1945.
- Brouwer, E. Report of Sub-committee on Constants and Factors. In: *Proceedings of 3rd Symposium on Energy Metabolism*. EEAP Publication 11. Academic Press, London, 1965.
- 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.
- Costa, M. R. G. F.; Pereira, E. S.; Silva, A. M. A.; Paulino, P. V. R.; Mizubuti, I. Y.; Pimentel, P. G.; Pinto, A. P.; Rocha Junior, J. N. Body composition and net energy and protein requirements of Morada Nova lambs. *Small Ruminant Research*, 114:206-213, 2013.
- Crooker, B. A.; Anderson, P.T; Goodrich, R. D. Maintenance energy requirements and energetics of tissue deposition and mobilization in cattle. In. *Grazing Livestock Nutrition Conference*, 1991, Montana. Proceedings... Montana, 1-12, 1991.
- Ferrell, C. L.; Jenkins, T. G. Body composition and energy utilization by steers of diverse genotypes fed a high-concentrate diet during the finishing period: I. Angus, Belgian Blue, Hereford, and Piedmontese sires. *Journal of Animal Science*, 76:637-646, 1998.
- Ferrell, C. L.; Jenkins, T. G. Cow Type and the Nutritional Environment: Nutritional Aspects. *Journal of Animal Science*, 61:725-741, 1985.
- Fox, D. G.; Barry, M. C.; Pitt, R. E.; Roseler, D. K; Stone, W. Application of the Cornell net carbohydrate and protein model for cattle consuming forages. *Journal of Animal Science*, 73:267-277, 1995.
- 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. *Journal of Animal Science*, 92:250–63, 2014.
- Garrett, W. N. Factors influencing energetic efficiency of beef production. *Journal of Animal Science*, 51:1434–1440, 1980.
- Graham, N. M. Variation in energy and nitrogen utilization by sheep between weaning and maturity. *Australian Journal Agricultural Research*, 31:335-345, 1980.
- Herbster, C. J. L. *Exigências nutricionais de energia e predição do consumo de água em ovinos deslanados*. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, Ceará, Brasil, 2024.
- Institut National de la Recherche Agronomique -INRA. *Alimentation des ruminants*. Versailles, France: Éditions Quæ, 728p, 2018.

- Johnson, D. E. Heat increment of acetate and corn and effects of casein infusions with growing lambs. *Journal of Nutrition*, 102:1093–1100, 1972.
- Kleiber, M. Metabolic turnover rate: a physiological meaning of the metabolic rate per unit body weight. *Journal of Theoretical Biology*, 53:199–204, 1975.
- Lofgreen, G. P.; Garrett, W. N. A. system for expressing net energy requirements and feed values for growing and finishing beef cattle. *Journal of Animal Science*, 27:793, 1968.
- Macedo Junior, G. L. *Exigências nutricionais de ovelhas gestantes da raça Santa Inês*. Tese (Doutorado em Zootecnia). Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil. 2008.
- Marcondes, M. I.; Tedeschi, L. O.; Valadares Filho, S. C.; Gionbelli, M. P. Predicting efficiency of use of metabolizable energy to net energy for gain and maintenance of Nellore cattle. *Journal of Animal Science*, 91:4887–489, 2013.
- Maynard, L. A.; Loosli, J. K.; Hintz, H. F.; Warner, R. G. *Animal Nutrition*. Trad. Figueiredo, F. A. B. N. 3 ed. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1984.
- Mendes, M. S.; Lôbo, R. N. B.; Herbster, C. J. L.; Souza, J. G.; Rodrigues, J. P. P.; Marcondes, M. I.; Pereira, E. S. Determination of the mature weight of intact male hair sheep. *The Journal of Agricultural Science*, 159:757-761, 2022.
- Mendes, M. S.; Souza, J. G.; Herbster, C. J. L.; Brito Neto, A. S.; Silva, L. P.; Rodrigues, J. P. P.; Marcondes, M. I.; Oliveira, R. L.; Bezerra, L. R.; Pereira, E. S. Maintenance and growth requirements in male Dorper × Santa Ines lambs. *Frontiers in Veterinary Science*, 8:676956, 2021.
- National Academies of Sciences Engineering and Medicine – NASEM. *Nutrient Requirements of Beef Cattle*. 8th ed. The National Academies Press, Washington, DC, 494p. 2016.
- National Research Council – NRC. *Nutrient requirements of beef cattle*. 6th. ed. Washington: National Academy Press, 90 p, 1984.
- National Research Council – NRC. *Nutrient Requirements of Beef Cattle*. 5th. rev. ed. Washington: National Academies Press, 1976.
- National Research Council – NRC. *Nutrient requirements of sheep*. 6th. rev. ed. Washington: National Academy Press, 110 p, 1985.
- National Research Council – NRC. *Nutrient Requirements of Small Ruminants: Sheep, Goats, Cervids and New World Camelids*. Washington, DC: National Academy Press, 362p, 2007.
- Nie, H. T.; Zhang, H.; You, J. H.; Wang, F. Determination of energy and protein requirement for maintenance and growth and evaluation for the effects of gender upon nutrient requirement in Dorper × Hu Crossbred Lambs. *Tropical Animal Health and Production*, 47:841-853, 2015.
- Noller, C. H.; Moe, P. W. Determination of NRC energy and protein requirement for ruminants. In: Simpósio Internacional sobre Exigências Nutricionais de Ruminantes, 1995, Viçosa. *Anais ... Viçosa*, 53-76, 1995.
- Oliveira, A. P.; Pereira, E. S.; Pinto, A. P.; Silva, A. M. A.; Carneiro, M. S. S.; Mizubuti, I. Y.; Ribeiro, E. L. A.; Campos, A. C. N.; Gadelha, C. R. F. Estimativas dos requisitos nutricionais e utilização do modelo Small Ruminant Nutrition System para ovinos deslanados em condições semiáridas. *Semina: Ciências Agrárias*, 35:1985-1998, 2014.
- Pereira, E. S.; Fontenele, R. M.; Silva, A. M. A.; Oliveira, R. L.; Ferreira, M. R. G.; Mizubuti, I. Y.; Carneiro, M. S. S.; Campos, A. C. N. Body composition and net energy requirements of Brazilian Somali lambs. *Italian Journal of Animal Science*, 13:3583, 2014.
- Pereira, E. S.; Lima, F. W. R.; Marcondes, M. I.; Rodrigues, J. P. P.; Campos, A. C. N.; Silva, L. P.; Bezerra, L. R.; Pereira, M. W. F.; Oliveira, R. L. Energy and protein requirements of Santa Ines lambs, a breed of hair sheep. *Animal*, 11:2165-2174, 2017.
- Pereira, E. S.; Pereira, M. W. F.; Marcondes, M. I.; Medeiros, A. N.; Oliveira, R. L.; Silva, L. P.; Mizubuti, I. Y.; Campos, A. C. N.; Heinzen, E. L.; Veras, A. S. C.; Bezerra, L. R.; Araújo, T. L. A. C. Maintenance and growth requirements in male and female hair lambs. *Small Ruminant Research*, 159:75-83, 2018.
- Pereira, G. M. *Exigências de proteína e energia de carneiros Santa Inês na região semiárida brasileira*. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – Universidade Federal de Campina Grande, Patos, Brasil, 2011.
- Prentice, A. Le symposium Lavoisier. *Proceedings of the Nutrition Society*, 54:1-8, 1995.
- Ratray, P. V.; Joyce, J. P. Utilisation of metabolisable energy for fat and protein deposition in sheep. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 19:299–305, 1976.
- Regadas Filho, J. G. L.; Pereira, E. S.; Pimentel, P. G.; Villarroel, A. B. S.; Medeiros, A. N.; Fontenele, R. M. Body composition and net energy requirements for Santa Ines lambs. *Small Ruminant Research*, 109:107-112, 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. *Tropical Animal Health and Production*, 48:87-94, 2016.
- Rodríguez, N.M; Campos, W.E.; Lachica, M.L. Borges, I.; Gonçalves, L.C.; Borges, A.L.C.C.; Saliba, E.O.S. A calorimetry system for metabolism trials. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 59:495-500, 2007.
- Salah, N.; Sauvant, D.; Archimède, H. Nutritional requirements of sheep, goats and cattle in warm climates: a meta-analysis. *Animal*, 8:1439-1447, 2014.
- Santos, S. S. *Avaliação nutricional de feno de resíduos da bananicultura submetidos a diferentes métodos de secagem*. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Minas Gerais, Montes Claros, Brasil, 2020.
- Silva, A. M. A.; Santos, E. M.; Pereira Filho, J. M.; Bakke, O. A.; Gonzaga Neto, S.; Costa, R. G. Body composition and nutritional requirements of protein and energy for body weight gain of lambs browsing in a tropical semiarid region. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 39:210-216, 2010.
- Taylor, C. S.; Theissen, R. B.; Murray, J. Inter-breed relationship of maintenance efficiency to milk yield in cattle. *Animal Production*, 43:37–61, 1986.
- Tedeschi, L. O.; Cannas, A.; Fox, D. G. A nutrition mathematical model to account for dietary supply and requirements of energy and other nutrients for domesticated small ruminants: The development and evaluation of the Small Ruminant Nutrition System. *Small Ruminant Research*, 89:174–184, 2010.
- Tedeschi, L. O.; Fox, D. G.; Guiroy, P. J. A decision support system to improve individual cattle management. 1. A mechanistic, dynamic model for animal growth. *Agricultural Systems*, 79:171-204, 2004.
- Van Es, A. J. H. Net requirements for maintenance as dependent on weight, feeding level, sex and genotype, estimated from balance trials. *Annales de Zootechnie*, 29:73–84, 1980.
- Van Soest, P. J. *Nutritional ecology of the ruminant*. 2 ed. Ithaca: Cornell University Press, 1994.
- Vermorel, M.; Bickel, H. Utilization of feed energy by growing ruminants. *Annales de Zootechnie*, 29:127-43, 1980.
- Williams, C. B.; Jenkins, T. G. A dynamic model of metabolizable energy utilization in growing and mature cattle. I. Metabolizable energy utilization for maintenance and support metabolism. *Journal of Animal Science*, 81:1371-1381, 2003.