

CONCEITOS E EXIGÊNCIAS DE ENERGIA PARA BOVINOS DE CORTE

CONCEPTS AND ENERGY REQUIREMENTS OF BEEF CATTLE

Tiago Pereira Guimarães^{1*}; Kíria Karolline Gomes Moreira¹; Ernane Peixoto de Araújo¹; Verônica Auxiliadora Alves²; Fernando Rossi Camilo²; Sergio Fernandes Ferreira^{2,3}.

RESUMO

Objetivou-se com esta revisão realizar uma discussão geral sobre as exigências de energia para bovinos de corte em condições brasileiras. A maioria dos nutricionistas brasileiros ainda faz uso de dados e programas de formulação de rações de instituições internacionais, demonstrando uma carência de pesquisas nessa área no país. O estudo das exigências energéticas para bovinos de corte é importante, pois a falta de energia nas dietas pode prejudicar processos vitais como a respiração, circulação, atividade dos músculos, manutenção da temperatura corporal, processos metabólicos, dentre outras funções. A deficiência de energia conduz a uma diminuição no crescimento do animal, falhas nos processos reprodutivos e perdas de reservas corporais, reduzindo, assim, a produtividade do animal. A energia utilizada pelos animais é oriunda de alimentos como forragens, grãos de cereais, resíduos industriais, e pode ser expressa na forma energia bruta (EB), energia digestível (ED) ou nutrientes digestíveis totais (NDT), energia metabolizável (EM) e energia líquida (EL). Os animais possuem exigências de energia tanto para manutenção quanto para ganho de peso, sendo que as exigências de manutenção têm aumentado nos últimos anos, variando de 56 a 83 Kcal/PCVZ^{0,75} para animais zebuínos e de 67,92 a 76,36 Kcal/PCVZ^{0,75} para bovinos mestiços europeu/zebu. Esse aumento das

exigências de manutenção pode ser explicado pelo avanço genético do rebanho brasileiro.

Palavras-chave: energia de ganho de peso, energia de manutenção de peso, energia metabolizável, nutrição animal.

ABSTRACT

The objective of this review was to provide an overview about the energy requirements of beef cattle raised in Brazil. Most Brazilian nutritionists still make use of data and feed formulation programs from international institutions, which demonstrates a lack of research in this area in the country. The study of energy requirements for beef cattle is important because the lack of energy in the diet can affect vital processes such as respiration, circulation, muscle activity, body temperature maintenance, metabolic processes, among other functions. Energy deficiency leads to a reduction in growth, failure in reproductive processes and loss of body reserves, thus reducing the productivity of the animal. The energy used by the animals is derived from foods such as forages, cereal grains, industrial waste, and can be expressed as gross energy (GE), digestible energy (DE) or total digestible nutrients (TDN), metabolizable energy (ME) and net energy (NE). Animals have energy requirements for weight maintenance and for weight gain, and the maintenance

^{1*}Mestrando do Programa de Pós Graduação em Ciência Animal, Escola de Veterinária e Zootecnia, Universidade Federal de Goiás, e-mail: tiagopereirav@hotmail.com.

²Doutorando do Programa de Pós Graduação em Ciência Animal, EVZ/UFG

³Professor da Universidade Federal de Goiás.

requirements have increased in recent years, ranging from 56 to 83 Kcal/EBW^{0.75} for Zebu cattle and 67.92 to 76.36 Kcal/EBW^{0.75} for crossbred European x Zebu. This increase in the maintenance requirement can be explained by the genetic improvement of the Brazilian herd.

Keywords: energy for weight gain, energy for weight maintenance, metabolizable energy, animal nutrition

1. Introdução

A energia é considerada fator limitante à vida e às funções produtivas dos animais. A determinação das exigências energéticas, seja para manutenção, crescimento ou produção, é tão importante quanto à determinação da proteína em dietas para ruminantes. O método mais utilizado na determinação das exigências nutricionais é o método fatorial, que divide a exigência dos animais em exigência de manutenção, de ganho, de gestação e lactação (RESENDE et al., 2006). Ainda, segundo o mesmo autor a eficiência de utilização da energia para produção dos animais consiste em como a energia contida nos alimentos é retida na forma de produto animal (músculo, gordura, leite etc). Essa eficiência pode variar conforme a composição da ração, a composição do ganho de peso (taxa de deposição de proteína e gordura), o grupo genético, a taxa de ganho, o ambiente e o estágio de crescimento dos animais.

QUADRO 1. Principais unidades de energia

Unidade	Conversão
1 J	0,239 cal
1 cal	4,184 J
1 quilocaloria (Kcal)	1000 cal
1 Kcal	4,184 kJ
1 megacaloria (Mcal)	1000 Kcal
1 Mcal	4,184 MJ
1 g NDT	4,409 Kcal

FONTE: Adaptado de LAWRENCE & FOWLER (1997) e LANA (2005)

No Brasil a utilização de sistemas de formulação de ração que utilizam unidades nutricionais, em termos líquidos e metabolizáveis, é limitada pela falta de informação do valor nutricional dos alimentos e das exigências nutricionais dos animais. Tudo isso pode ser devido ao alto custo sem retorno financeiro de pesquisas nessa área, pois, na maioria das vezes, para determinação das exigências é necessário o abate dos animais e sua utilização por inteiro para realização de análises da composição corporal. Portanto, os cálculos de rações são baseados em normas publicadas pelo *National Research Council (NRC), Agriculture and Food Research Council (AFRC)* entre outros, os quais apresentam exigências de grupos bovinos criados em regiões de clima temperado, animais de raças predominantemente taurinas.

Tendo em vista as considerações precedentes, objetivou-se com esta revisão discutir os conceitos e exigências de energia na nutrição de bovinos de corte em condições brasileiras.

2. Desenvolvimento

2.1. Energia

A energia é definida como o potencial para realizar trabalho. Ela pode ser mensurada durante sua transformação de uma forma para outra e pode ser expressa em diversas unidades, sendo o Joule (J) e a caloria (cal), as unidades preferenciais para quantificar a energia (NRC, 1996), como é demonstrado no Quadro 1.

A energia é essencial para sustentar todos os processos vitais do corpo, incluindo respiração, circulação, atividade dos músculos, manutenção de temperatura corporal, processos metabólicos, entre outras funções. Sua deficiência manifesta-se no retardamento do crescimento, falhas na reprodução e perdas de reservas corporais, reduzindo a produtividade animal (FREITAS et al., 2006). A energia é considerada como o componente que mais limita a produtividade animal, de modo que sua utilização pelos seres vivos tem sido alvo de inúmeros estudos importantes na zootecnia. LIMA et al. (2011), em experimento realizado com 12 bovinos machos, submetidos a três dietas (rica, intermediária e pobre em energia), puderam observar que a deficiência de energia prolongada de bovinos em crescimento desencadeou acentuada diminuição do peso vivo e diminuição do consumo de alimentos.

2.2. Métodos de determinação da composição corporal

Para a determinação das exigências nutricionais de bovinos é preciso mensurar a composição corporal dos animais e a forma mais precisa é pela moagem completa de todos os constituintes corporais, inclusive a carcaça demandando muito trabalho, tempo e alto custo. Devido ao alto custo envolvido, métodos indiretos passaram a ser avaliados e empregados para se obter a composição química da carcaça ou do corpo vazio como um todo. Métodos baseados na gravidade específica da carcaça e aqueles utilizando marcadores, como água tritiada, foram testados, mas sua adoção foi um tanto quanto restrita (VALADARES FILHO et al., 2006). Por outro lado, o método indireto baseado no corte das 9^a-10^a-11^a costelas tem sido mais amplamente utilizado, em função de ser um método rápido e barato (LANNA, 1988; SILVA, 2001 e PAULINO et al. 2005, MARCONDES et al., 2009). A partir da separação física dos constituintes (músculo, gordura e ossos) desse corte, estima-se a

composição física da carcaça como um todo, utilizando-se para tal as equações desenvolvidas por HANKINS & HOWE (1946):

Proporção de músculo na carcaça: $Y = 16,08 + 0,80 X$;

Proporção de tecido adiposo na carcaça: $Y = 3,54 + 0,80 X$;

Proporção de ossos na carcaça: $Y = 5,52 + 0,57 X$, em que:

X = porcentagem dos componentes na seção Hankins e Howe (HH).

Após determinados laboratorialmente os teores de gordura e proteína em cada um desses componentes do corte das 9^a-10^a-11^a costelas, e de posse da composição física da carcaça estimada pelas equações apresentadas acima, obtém-se então a composição química da carcaça. Agrupando-se então a composição química da carcaça com a composição química das demais partes do corpo (órgãos, vísceras, sangue, couro, cauda, cabeça e patas) obtém-se a composição química do corpo vazio como um todo.

O método do corte das costelas foi testado em condições brasileiras onde predominam animais zebuínos (LANNA, 1988; SILVA, 2001 e PAULINO et al. 2005, MARCONDES et al., 2009). Os autores verificaram que as equações desenvolvidas por HANKINS & HOWE (1946), não se mostraram totalmente aplicáveis a animais zebuínos, pois, foram desenvolvidas com animais taurinos, que apresentam padrão de deposição dos constituintes corporais, um tanto quando distinto daquele observado em animais zebuínos.

Nesse sentido, alguns autores têm desenvolvido equações específicas para animais zebuínos, com maior ênfase sendo dada ao componente gordura, que é o mais problemático (HENRIQUE et al., 1999; LANNA, 1988; SILVA, 2001). Os autores verificaram que a gordura continua sendo o componente mais difícil de ser estimado a partir da seção HH, levando à necessidade de estudos mais abrangentes. Portanto, MARCONDES et al. (2010) reuniram um

banco de dados com 247 animais e seis experimentos conduzidos com animais em confinamento, sendo estes animais Nelore puros ou cruzados com Angus ou Simental. Os autores concluíram que as equações apresentaram boa precisão e acurácia e seu uso proporcionará importantes avanços para predição da composição corporal dos animais e redução dos custos experimentais.

Outra ferramenta com potencial de ser utilizada para estimação da composição corporal da carcaça é a ultrasonografia, porém, ainda há carências de informações no Brasil (MARCONDES et al., 2010).

2.3. Partição da energia na nutrição animal

A energia utilizada pelos animais é obtida dos alimentos por processos digestivos e metabólicos, sendo os bovinos considerados energeticamente ineficientes, devido a perdas que ocorrem em cada estágio de assimilação de nutrientes (MARCONDES et al., 2010).

Segundo CABRAL et al. (2006), a energia nos alimentos pode ser expressa como energia bruta (EB), energia digestível (ED) ou nutrientes digestíveis totais (NDT), energia metabolizável (EM) e energia líquida (EL). A energia líquida é a forma mais correta para expressar a energia útil dos alimentos, pois, esta é efetivamente disponível para produção do animal. Portanto, sua determinação é laboriosa e de elevado custo, pois, no caso de animais de corte, deveria ser realizadas experimentações com cada alimento e determinar a energia retida ou depositada como matéria orgânica (proteína e gordura) no corpo dos animais (NRC, 1996).

A utilização da EB na nutrição é limitada, pois esta não indica a disponibilidade da energia do alimento para o animal, devido às perdas variáveis no processo de digestão e metabolização (WEISS, 1993). Na Tabela 1 são apresentadas as principais fontes de energia bruta e seus respectivos valores energéticos resultantes da completa combustão.

TABELA 1. Rendimentos energéticos resultantes da completa combustão do material seco purificado e expressados em Mcal/kg

Material	Mcal/kg
Glicose	3,73
Sacarose	3,94
Amido	4,20
Celulose	4,20
Óleo vegetal	9,30
Gordura animal	9,42
Proteína	5,64

FONTE: Adaptado de LAWRENCE & FOWLER (1997)

2.3.1. Energia líquida de manutenção (ELm) e metabolismo basal

O metabolismo basal está relacionado à mínima produção de calor necessária para que ocorram os processos vitais de um animal saudável, em jejum e em repouso. Usada para manter a atividade celular vital, respiração e circulação sanguínea. Na Tabela 2 estão descritos os valores dos gastos energéticos de componentes do metabolismo

basal de bovinos segundo GILL & OLDHAM (1993).

FERREL (1988) afirma que a energia gasta pelos órgãos corresponde a cerca de 50 a 65% do metabolismo basal. O autor ainda cita que esse gasto pode ser explicado pelo *turnover* proteico e as atividades de transporte de íons, podendo variar de acordo com o nível nutricional, estado fisiológico e raça.

TABELA 2. Estimativas dos custos de energia de diversos processos não produtivos

Componentes do metabolismo basal

Funções físicas

Levantado (em pé)	13-25% gasto energético basal
Exercício	6,69 Kcal/km (vertical) 0,62 Kcal/km (horizontal)

Ingestão

Comendo	0,6 kcal/h
Ruminando	0,48 kcal/h

Função

Circulação	9-11% gasto energético basal
Respiração	6-7% gasto energético basal
Rim	6-7% gasto energético basal
Fígado	5-10% gasto energético basal
Funções nervosas	10-15% gasto energético basal

Mantença celular

Transporte de íons	18-23% produção total de calor
Síntese de proteína	15-25% gasto energético basal
Síntese de lipídios	2-3% gasto energético basal

Fonte: Adaptado de GIL & OLDHAM (1993)

O conceito nutricional de manutenção não é o mesmo que metabolismo basal, pois na manutenção o animal não está em jejum. A energia metabolizável para manutenção (EM_m) é definida como a taxa de produção de calor de um animal mantido em um ambiente termoneutro quando a taxa de consumo de energia metabolizável é exatamente o saldo da taxa de perda de calor (LAWRENCE & FOWLER, 1997). Logo, a produção de calor (PC) correspondente a EM_m, engloba a produção de calor do animal alimentado, ou seja, considera o incremento calórico (IC). Já a ELM é obtida do animal em jejum, ou seja, sem a produção de calor vinda do incremento calórico.

A EM_m é sempre superior a ELM, pois o processo de comer, digerir e metabolizar o alimento requer energia e este acaba sendo liberado do animal como calor. Os principais contribuintes para produção de calor em um animal recebendo EM_m podem estar relacionados ao processamento da dieta pelo animal como o trabalho realizado para mastigação do alimento, movimento do

aparelho digestivo, calor de fermentação e o incremento calórico associado a transformação dos nutrientes, contribuindo para manter a temperatura corporal, e outras atividades como o processo de circulação, respiração, locomoção e o custo energético para a renovação de tecidos (LAWRENCE & FOWLER, 1997).

A ELM pode sofrer influência de vários fatores como: idade, peso, raça, espécie, sexo, estágio fisiológico, nutrição previamente recebida e condições ambientais. Nos bovinos destinados à produção de carne, as exigências de energia para manutenção podem corresponder a 70% das exigências totais de energia dos animais (NRC, 1996).

MARCONDES et al. (2010), utilizando o banco de dados do BR-CORTE, estimaram as exigências de ELM para animais zebuínos, onde não observaram efeitos de classe sexual, grupo genético e sistema de alimentação. Segundo os autores, em função do número desigual de dados e das condições específicas de alimentação, os testes dos modelos para ELM de animais em

confinamento e pastejo foram feitos separadamente como pode ser visto abaixo:

Confinamento $PC = 0,0742 \times e^{3,703 \times CEM}$

Pastejo $PC = 0,0717 \times e^{4,439 \times CEM}$

onde: PC é a produção de calor (Mcal/PCVZ^{0,75}/dia) e CEM é o consumo de energia metabolizável (Mcal/PCVZ^{0,75}/dia). O PCVZ (peso de corpo vazio) é calculado como peso corporal menos o conteúdo gastrointestinal. Para converter o PCVZ em peso vivo em jejum (PVJ), o BR-corte adotou duas equações de acordo com o sistema de alimentação:

Confinamento $PCVZ = 0,895 \times PVJ$

Pastejo $PCVZ = 0,863 \times PVJ$

Portanto, a EL_m é equivalente ao calor produzido pelo animal em jejum, ou seja, sem nenhum suporte alimentar para atendimento de qualquer outra necessidade energética.

Segundo MARCONDES et al. (2010), o maior valor de EL_m encontrado para animais em confinamento (74,2 kcal/PCVZ^{0,75}/dia) em relação a animais em pastejo (71,7 kcal/PCVZ^{0,75}/dia) é função das condições de criação. Os autores explicam que o menor valor de EL_m para animais em pastejo é devido às adaptações em seu metabolismo basal de forma a suportarem as condições do meio, reduzindo o custo energético associado às funções vitais básicas.

VALADARES FILHO et al. (2006) explicam que o CEM tem forte influência sobre a massa e a atividade metabólica do fígado e do trato gastrointestinal que impactam diretamente no total de energia utilizada para manutenção. Assim, em períodos de restrição de CEM, como na estação seca do ano para animais a pasto, o organismo se adapta ao menor consumo de energia, diminuindo os órgãos de alta atividade metabólica, diminuindo assim a quantidade de energia necessária para sua manutenção. Entretanto, HINTON (2007) considera que os animais em pastejo gastam

mais energia com a ingestão de alimentos do que animais em confinamento. Cita ainda, que a energia gasta com a caminhada é de 0,62 kcal/km de deslocamento horizontal e de 6,69 kcal/km de deslocamento vertical. Com isso, as exigências de energia de manutenção para bovinos em pastoreio é cerca de 10 a 20% maior do que para animais em confinamento, dependendo da topografia do terreno, qualidade e disponibilidade da forragem, topografia, distribuição de água ou interação entre esses fatores.

2.3.2. Energia líquida de ganho (ELg): produção e crescimento

A deposição de ELg ocorre quando a ingestão diária de alimento excede o que é requerido para manutenção, e assim, a energia torna-se disponível para produção. Segundo RESENDE et al. (2006), esse excedente pode ser retido como parte do corpo na forma de tecidos ou na forma de produto como o leite.

As exigências líquidas de energia para ganho de peso ou crescimento são estimadas pela quantidade de energia depositada como matéria orgânica (proteína e gordura) no corpo do animal (NRC, 1996).

Quando a energia é retida na forma de proteína, maior quantidade de calor é gerada do que na forma de gordura. Em animais jovens a retenção de gordura é de até 50% da energia retida, porém, quando o animal atinge a maturidade sexual, a composição do ganho varia pouco, porque os animais depositam gordura em uma taxa relativamente constante (RESENDE et al., 2006). Portanto, em animais adultos, a energia retida como forma de gordura pode variar de 85 a 95% do total de energia retida e a energia depositada como proteína em animais na fase de crescimento pode representar de 25 a 32% do total de energia retida.

As principais diferenças em relação à condição sexual dos animais são observadas quanto ao tecido adiposo. Considerando-se

animais pertencentes à mesma raça e com peso de corpo vazio (PCVZ) similar, fêmeas possuem maior quantidade corporal de gordura que machos castrados, e estes, mais que os inteiros. Este comportamento se reflete nas concentrações de energia corporal e nas respectivas exigências energéticas para ganho (VÉRAS et al., 2001).

Segundo (FERREIRA et al., 1998), a maturidade do animal é caracterizada pelo aumento na proporção de gordura. Animais mais jovens têm maior proporção de água e menor de gordura, de modo que as concentrações de proteína, cinzas e água decrescem com a idade e com a engorda (Tabela 3).

TABELA 3. Conteúdos de gordura (g), proteína (g) e energia (Mcal), por quilograma (kg) PCV de bovinos Nelore puros, mestiços, mestiços leiteiros e zebu.

Parâmetros	Nelore puro e mestiço		Mestiço leiteiro		Zebu	
PCV kg	250	550	250	500	250	500
Proteína g/kg	180	160	237	265	237	263
Gordura g/kg	170	290	276	307	276	299
Energia Mcal	2,7	3,54	2,60	2,93	2,64	2,88

FONTE: Adaptado de FREITAS et al. (2006) e BACKES et al. (2005)

O NRC (1996) relata que os teores de gordura e proteína corporal apresentam comportamento quadrático em relação ao peso corporal vazio, com relações inversas: quanto maior o peso corporal, maior o teor de gordura e menor o de proteína.

Conforme BACKES et al. (2005), com o incremento do peso vivo do animal, geralmente acima de um ano de idade, ocorrem decréscimo na proporção de proteína e aumento na proporção de gordura no peso de corpo vazio, em razão da redução do crescimento muscular e do aumento do desenvolvimento do tecido adiposo. Como consequência, a exigência de energia aumenta e a exigência de proteína decresce, concomitantemente.

2.4. Eficiência de utilização da energia metabolizável

De acordo com RESENDE et al. (2006), a eficiência da utilização da energia é usualmente expressa como a razão da energia bruta de entrada e a energia bruta de saída. Para se conhecer a proporção da energia fornecida no alimento que foi retida no corpo animal pode-se usar a seguinte relação:

$$\frac{\text{Total de energia retida no ganho} \times 100}{\text{Total de energia no alimento}}$$

A eficiência de utilização da energia metabolizável para manutenção pode ser expressa como $K_m = \frac{EL_m}{EM_m}$, enquanto que a eficiência de utilização da energia no tecido pode ser expressa como $K_g = \frac{EL_g}{EM - EM_m}$. A eficiência das funções combinadas para manutenção e crescimento pode ser expressa pela seguinte forma:

$$K_{m+p} = \frac{EL_m + EL_p}{EM_{m+p}}$$

EL_m = Energia líquida para manutenção;

EL_p = Energia líquida para produção;

EM_{m+p} = Energia metabolizável requerida para manutenção mais produção;

K_m = eficiência de utilização da energia metabolizável para manutenção;

K_g = eficiência de utilização da energia metabolizável no tecido ou para ganho;

K_{m+p} = eficiência para manutenção e crescimento.

A K_{m+p} pode variar com a concentração de energia metabolizável da dieta, com o nível de produção animal, bem como com o propósito para o qual seja utilizada (crescimento, gestação, lactação, etc.). A K_g é relacionada com um conjunto de funções metabólicas do animal e da habilidade em

absorver nutrientes para atender suas demandas metabólicas. É possível estimar a eficiência máxima teórica em que um animal pode desempenhar suas funções produtivas, se forem conhecidas às rotas metabólicas envolvidas. Baseando-se nesse conhecimento, a eficiência teórica de um ruminante em crescimento deveria ser de 70 a 80%, entretanto o que tem sido observado é que a eficiência desses animais varia de 30 a 60%, o que demonstra que os animais

difícilmente atingem sua máxima eficiência (RESENDE et al., 2006).

Segundo FOX et al. (2003), a eficiência de EM para manutenção (ELm) varia de 57,6% para EM de 2,0 Mcal/kg (típica para gramíneas temperadas no estágio de final de florescimento), a 65,1% para EM de 2,6 Mcal/kg (típica para silagem de milho) até 68,6% para EM de 3,2 Mcal/kg (grãos de milho) (Tabela 4).

TABELA 4. Eficiência de uso da EM para manutenção e ganho em diferentes proporções de forragem (F) e concentrado (C).

EM, Mcal/kg	F:C	ELm/EMm x 100 (km)	ELg/EMm x 100 (kg)	ELg/ELm
2,0	100:0	57,6	29,6	0,513
2,2	83:17	60,8	34,6	0,569
2,4	67:33	63,3	38,5	0,608
2,6	50:50	65,1	41,5	0,637
2,8	33:67	66,6	43,9	0,659
3,0	17:83	67,7	45,8	0,677
3,2	0:100	68,6	47,3	0,690

FONTE: Adaptado de FOX et al. (2003)

2.5. Exigências de energia para bovinos de corte em confinamento e pastejo

Como podem ser observadas na Tabela 5, as exigências de energia para bovinos de corte são variáveis e ao decorrer dos anos ocorreram aumentos expressivos, que foram

relatados por SILVA et al. (2002) em diversos trabalhos estudados.

Esses efeitos podem ser devido a vários fatores como, diferenças regionais, diferenças na alimentação, melhoramento genético, diferentes métodos de pesquisa, entre outros.

TABELA 5. Valores individuais e médios das exigências líquidas para manutenção (kcal/PCVZ^{0,75}) para os diferentes grupos genéticos

Autor	Número de animais	ELm Kcal/PCVZ ^{0,75}
Zebuínos		
Salvador, 1980	40	56
Boin, 1995	-	73,62
Paulino, 1996	63	60,38
Véras, 2000	35	82,79
Silva, 2001	40	83,70
F1 (E x Z)		
Pires, 1991	22	67,92
Pires, 1991	22	68,03
Veloso, 2002	50	76,36
Holandeses		
Teixeira, 1984	10	88,00
Rocha, 1997	16	68,44
Signoretti, 1998	52	110,46
Fêmea zebu		
Borges, 2000	16	61,02
Valores médios		
Grupo genético		
1. Zebu	> 178	71,30 ± 12,69
2. F1 (E x Z)	94	70,77 ± 4,84
3. Mestiço leiteiro	46	79,65 ± 2,33
4. Holandês	78	88,97 ± 21,03

F1 (E x Z)= europeu x zebu

FONTE: Adaptado de SILVA et al. (2002)

Segundo o NRC (1996), animais não castrados têm requisitos de ELM 15% maiores que machos castrados e novilhas e, de acordo com LOFGREEN & GARRETT (1968), zebuínos são 10% menos exigentes que taurinos. Assim, a exigência de ELM de animais zebuínos não castrados, segundo proposição do NRC (1996), seria de 79,70 kcal/PCVZ^{0,75}/dia. Segundo SILVA et al. (2002), a média do valor de ELM de animais zebuínos (71,3 kcal/PCVZ^{0,75}/dia) obtida foi 11,8% inferior ao recomendado pelo NRC (1996). A ELM dos animais F1 foi bem próxima à dos animais zebuínos 70,77 kcal/PCVZ^{0,75}/dia. A média da ELM dos

mestiços leiteiros (79,65 kcal/PCVZ^{0,75}/dia) apresentou valor próximo ao recomendado pelo NRC (1996) e a dos animais Holandeses, um valor 11,6% superior ao referido conselho.

Nas Tabelas 6, 7 e 8, estão descritas as exigências nutricionais expressas em EM e NDT para manutenção e ganho de animais puros e cruzados da 2ª edição do BR-CORTE (2010), segundo (MARCONDES et al., 2010). Os dados foram extraídos de 25 estudos realizados em diversas regiões do Brasil. Dentre os dados apresentados, 626 animais foram estudados em confinamento e outros 127 em pastejo.

TABELA 6. Exigências totais (manutenção + ganho de peso) de energia metabolizável, expressas em Mcal/dia, e de NDT (kg/dia), de machos Nelore inteiros e castrados, de diferentes pesos e taxas de ganho de peso em sistema de pastejo

Ganho de peso (kg/dia)	Peso Corporal (kg)						
	150	200	250	300	350	400	450
	Energia Metabolizável (Mcal/dia)						
0,50	8,03	9,49	10,86	12,16	13,41	14,61	15,78
1,00	10,82	12,56	14,20	15,76	17,26	18,72	20,13
1,50	13,72	15,76	17,68	19,53	21,31	23,03	24,71
	NDT (kg/dia)						
0,50	2,22	2,62	3,00	3,36	3,71	4,04	4,36
1,00	2,99	3,47	3,93	4,36	4,78	5,18	5,57
1,50	3,79	4,36	4,89	5,40	5,89	6,37	6,83

FONTE: Adaptado de MARCONDES et al. (2010)

Como pode ser observado nas tabelas, as exigências energéticas para bovinos em pastejo não foram muito diferentes em relação às exigências de bovinos em confinamento.

TABELA 7. Exigências totais (manutenção + ganho de peso) de energia metabolizável, expressas em Mcal/dia de bovinos zebuínos cruzados de diferentes classes sexuais, pesos e taxas de ganho de peso, em confinamento

Ganho de peso (kg/dia)	Peso corporal (kg)						
	150	200	250	300	350	400	450
	Machos Inteiros						
0,50	7,95	9,3	10,68	11,91	13,12	14,42	15,62
1,00	10,9	12,64	14,18	15,82	17,19	18,79	20,27
1,50	13,93	15,9	18,13	20,01	21,76	23,36	25,02
	Machos Castrados						
0,50	8,16	9,68	11	12,39	13,76	14,86	16,09
1,00	11,55	13,32	15,09	16,73	18,52	20,02	21,6
1,50	14,85	17	19,44	21,57	23,4	25,49	27,44
	Fêmeas						
0,50	8,37	9,82	11,38	12,82	14	15,35	16,65
1,00	11,93	13,86	15,81	17,63	19,29	21,09	22,63
1,50	15,55	18,16	20,41	22,56	24,96	26,79	28,86

FONTE: Adaptado de MARCONDES et al. (2010)

TABELA 8. Exigências totais (manutenção + ganho de peso) de nutrientes digestíveis totais (NDT), expressas em kg/dia, de bovinos zebuínos cruzados de diferentes classes sexuais, pesos e taxas de ganho de peso, em confinamento

Ganho de peso (kg/dia)	Peso corporal (kg)						
	150	200	250	300	350	400	450
	Machos Inteiros						
0,50	2,20	2,57	2,95	3,29	3,63	3,99	4,32
1,00	3,01	3,50	3,92	4,38	4,75	5,20	5,61
1,50	3,85	4,40	5,01	5,53	6,02	6,46	6,92
	Machos Castrados						
0,50	2,26	3,61	3,04	3,43	3,81	4,11	4,45
1,00	3,19	3,68	4,17	4,63	5,12	5,54	5,97
1,50	4,11	4,70	5,38	5,97	6,47	7,05	7,59
	Fêmeas						
0,50	2,32	2,72	3,15	3,55	3,87	4,25	4,61
1,00	3,30	3,83	4,37	4,88	5,34	5,83	6,26
1,50	4,30	5,02	5,65	6,24	6,90	7,41	7,98

FONTE: Adaptado de MARCONDES et al. (2010)

A exigência de EM para fêmeas é maior do que para machos castrados, que por sua vez é maior do que para machos inteiros. Segundo PINHEIRO (2007), a menor exigência de EM para machos inteiros é devido a produção do hormônio testosterona, que proporciona melhor anabolismo do nitrogênio endógeno, diminuindo a quantidade da uréia eliminada do organismo e aumentando o nível de aminoácidos circulantes, determinando maior eficiência no ganho de peso.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados para exigências energéticas de bovinos de corte no Brasil ainda são poucos, devido ao alto custo de sua determinação.

As exigências de energia de manutenção aumentaram no decorrer dos anos segundo os trabalhos observados, variando de 56 a 83 Kcal/PCVZ^{0,75} para animais zebuínos e de 67,92 a 76,36 Kcal/PCVZ^{0,75} para animais mestiços europeu/zebu.

As avaliações energéticas dos alimentos são comumente baseadas no NDT, o que faz com que o mesmo possa ser considerado, no

momento, como unidade possível de ser utilizada para formulação de rações devido às dificuldades de determinação da EL dos alimentos utilizados na nutrição animal.

REFERÊNCIAS

BACKES, A.A.; PAULINO, M.F.; ALVES, D.D. et al. Composição Corporal e Exigências Energéticas e Protéicas de Bovinos Mestiços Leiteiros e Zebu, Castrados, em Regime de Recria e Engorda. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.34, n.1, p.257-267, 2005.

BOIN, C. Alguns dados sobre exigências de energia e de proteína de zebuínos. In: PEREIRA, J.C. (Ed.) SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS DE RUMINANTES, 1995, Viçosa. **Anais...** Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 1995. p. 457-466.

BORGES, A.L.C.C. **Exigências nutricionais de proteína e energia de novilhas das raças Guzerá e Holandesa**. 2000. 90p. Tese (Doutorado em Ciência Animal) –

Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte. 2000.

CABRAL, L.S.; VALADARES FILHO, S.C.; DETMANN, E. et al. Consumo e digestibilidade dos nutrientes em bovinos alimentados com dietas à base de volumosos tropicais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.35, n.6, p.2406-2412, 2006.

FERREIRA, M.A.; VALADARES FILHO, S.C.; SILVA, J.F.C. et al. Composição Corporal e Exigências Líquidas de Proteína e Energia para Ganho de Peso de Bovinos F1 Simental x Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.28, n.2, p.352-360, 1998.

FERREL, C.L. Energy Metabolism. In: CHURCH, D.C. ed. **The ruminant animal**. Digestive physiology and nutrition. Englewood Cliffs: Waveland Press Inc., 1988, p. 283-303.

FOX, D.G; TYLUTKI, T.P.; TEDESCHI, L.O. **Sistema de carboidratos e proteínas líquidos para avaliação da nutrição de rebanhos e excreção de nutrientes (CNCPS Versão 5.0)**. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2003. 202p (documentação do Modelo CNCPS).

FREITAS, J.A.; QUEIROZ, A.C.; DUTRA, A.R. et al. Composição do ganho e exigências de energia e proteína para ganho de peso em bovinos Nelore puros e mestiços em confinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa v.35, n.3, p.886-893, 2006.

GILL, M.; OLDHAM, J.D. Growth. In: **Quantitative aspects of ruminant digestion and metabolism**. ed. CAB INTERNACIONAL: FORBES, F.M.; FRANCE, F., 1993, cap. 17, p. 383-404, 1993.

HANKINS, O.G.; HOWE, P.E. **Estimation of the composition of beef carcasses and cuts**. USDA, Technical Bulletin nº 926, p. 1-20, 1946.

HENRIQUE, W.; LEME, P.R.; LANNA, D.P.D. et al. Equações para estimativa da composição química corporal de bovinos Santa Gertrudis a partir do corte da 9^a-10^a-11^a costelas. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 36., 1999, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1999.

HINTON, D.G. **Supplementary Feeding of Sheep and Beef Cattle**. Melbourne: CSIRO Publishing, 102 p, 2007.

LANNA, D.P.D. **Estimativa da composição química do corpo vazio de tourinhos Nelore através da gravidade específica da carcaça e da composição de cortes das costelas**. 1988. 131p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”/Universidade de São Paulo, Piracicaba.1988.

LANA, R.P. **Nutrição e alimentação animal (mitos e realidades)**. In: Viçosa, ed. UFV, 2005. 344 p.

LAWRENCE, T.L.J. & FOWLER, V.R. **Growth of farm animals**. Wallingford: CAB International, 1997, 321p.

LIMA, A.S.; SUCUPIRA, M.C.A.; ORTOLANI, E.L. Bovinos submetidos a dietas deficientes em energia por longo período: desempenho animal e sua relação com os teores de T3 e IGF-1. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**. Sao Paulo, v. 48, n. 1, p. 19-26, 2011.

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

MARCONDES, M.I.; VALADARES FILHO, S.C.; PAULINO, P.V.R. et al. Predição da

composição corporal e da carcaça a partir da seção entre a 9^a e 11^a costelas em bovinos Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 38, n. 8, p. 1597-1604, 2009.

MARCONDES, M.I.; CHIZZOTTI, M.L.; VALADARES FILHO, S.C. et al. **Exigências nutricionais de energia para bovinos de corte**. In: Exigências nutricionais de zebuínos puros e cruzados BR-CORTE. 2 ed. Viçosa: Valadares Filho, S.C., Marcondes, M.I.; Chizzotti, M.L.; Paulino, P.V.R. 2010. p. 85-100.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of beef cattle**. 7.ed. Washington, D.C.: National Academy Press, 1996. 242p.

PAULINO, M.F. **Composição corporal e exigências de energia, proteína e macroelementos minerais (Ca, P, Mg, Na e K) de bovinos de quatro raças zebuínas em confinamento**. 1996. 80p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 1996.

PAULINO, P.V.R.; COSTA, M.A.L.; VALADARES FILHO, S.C. et al. Validação das Equações Desenvolvidas por Hankins e Howe para Predição da Composição da Carcaça de Zebuínos e Desenvolvimento de Equações para Estimativa da Composição Corporal. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 34, n.1, p. 327-339, 2005.

PINHEIRO, R.M.K. **Influência do grupo genético, condição sexual e uso de bioterápico, nas características de carcaça e qualidade da carne de bovinos de corte**. 2007, 116p. Tese (Doutorado em Medicina Veterinária) – Universidade Federal Fluminense, Faculdade de Medicina Veterinária, Niterói, 2007.

PIRES, K.C. **Exigências de proteína, energia e macroelementos minerais (Ca, P, Mg, K e Na) de bovinos não castrados de**

três grupos genéticos. 1991. 125p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.1991.

RESENDE, K.T.; TEIXEIRA, I.A.M.A.; FERNANDES, M.H.M.R. Metabolismo de energia. In: **Nutrição de Ruminantes**, 1^a ed, Jaboticabal: Telma Teresinha Berchielli, Alexandere Vaz Pires e Simone Gisele de Oliveira, 2006, cap 11, p. 311- 332.

ROCHA, E.O. **Estudo de desaleitamento precoce, exigências nutricionais e características produtivas de bovinos de origem leiteira, para corte**. 1997. 152p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 1997.

27. SALVADOR, M. **Exigências de energia e proteína para engorda de novilhos azebuados**. 1980. 70p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 1980.

SIGNORETTI, R.D. **Consumo, digestibilidade, composição corporal, exigências nutricionais e eficiência de utilização da energia metabolizável para ganho de peso de bezerros Holandeses**. 1998. 156p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.1998.

SILVA, F.F. **Desempenho, características de carcaça, composição corporal e exigências nutricionais (de energia, proteína, aminoácidos e macrominerais) de novilhos Nelore, nas fases de recria e engorda, recebendo diferentes níveis de concentrado e proteína**. 2001. 211p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2001.

SILVA, F.F.; VALADARES FILHO, S.C.; ÍTAVO, L.C.V. et al. Composição corporal e requisitos energéticos e protéicos de bovinos nelore, não-castrados, alimentados com rações contendo diferentes níveis de

concentrado e proteína. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.31, n.1, p.503-513, 2002.

TEIXEIRA, J.C. **Exigências de energia e proteína, composição e área corporal e principais cortes da carcaça em seis grupos genéticos de bovídeos**. 1984. 94p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 1984.

VALADARES FILHO, S.C.; PAULINO, P.V.R.; MAGALHÃES, K.A. **Exigências nutricionais de zebuínos e tabelas de composição de alimentos BR-CORTE**. Viçosa:UFV, DZO, 1ªed., 2006, 142p.

VELOSO, C.M.; VALADARES FILHO, S.C.; JÚNIOR, A.G.; et al. Eficiência de utilização da energia metabolizável para manutenção e ganho de peso e exigências de energia metabolizável e de nutrientes digestíveis totais de bovinos F1 Limousin x Nelore não-

castrados. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 31, n. 3, 2002.

VÉRAS, A.S.C. **Consumo, digestibilidade, composição corporal e exigências nutricionais de bovinos Nelore alimentados com rações contendo diferentes níveis de concentrado**. 2000. 192p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2000.

VÉRAS, A.S.C.; VALADARES FILHO, S.C.; SILVA, J.F.C. et al. Predição da composição corporal e dos requisitos de energia e proteína para ganho de peso de bovinos, não-castrados, alimentados com rações contendo diferentes níveis de concentrado. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.3, n. 3, p.1127-1134, 2001.

WEISS, W.P. Predicting energy values of feed. In. Symposium: prevailing concepts in energy utilization by ruminants. **Journal Dairy Science**, Champaign, v.76, p.1802-1811, 1993.