

EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS DE ENERGIA PARA BOVINOS DE CORTE

Marcos Inácio Marcondes¹, Mário Luiz Chizzotti², Sebastião de Campos Valadares Filho³, Mateus Pies Gionbelli⁴, Pedro Veiga Rodrigues Paulino⁵, Mário Fonseca Paulino⁵

¹Doutorando em Zootecnia do DZO-UFV, ²Professor DZO-UFLA, ³Professor do DZO-UFV. Coordenador do INCT de Ciência Animal: scvfilho@ufv.br, ⁴Doutorando em Zootecnia do DZO-UFV, ⁵Professores do DZO-UFV. Membros do INCT de Ciência Animal

INTRODUÇÃO

As projeções para a produção de carne bovina no Brasil nos próximos 10 anos apontam para um aumento anual da ordem de 3,5% ao ano. Para o mesmo período, estima-se um crescimento de 2,22% ao ano no consumo interno e de 3,07% ao ano nas exportações de carne bovina que poderá atingir o patamar de 3,4 milhões de toneladas em 2019, consolidando o Brasil como o principal país exportador de carne bovina (MAPA/AGE, 2009). O aumento nas exportações deverá ser acompanhado por melhorias na qualidade da carne nacional e em mudanças que atendam as demandas internacionais, como por exemplo, maior maciez, menor idade ao abate e melhor padrão de acabamento, que agregarão valor à carne bovina nacional. Neste contexto, o confinamento de bovinos e a utilização do cruzamento industrial devem acompanhar o incremento da produção e exportação. A produção de grãos assim como a produção de aves, suínos e de leite também deverão apresentar taxas anuais de crescimento expressivas aumentando a competitividade no agronegócio e excluindo os produtores pouco eficientes.

A crescente pressão ambientalista deverá conter o avanço da pecuária sobre novas áreas, tornando essencial o aumento da produtividade nas áreas existentes para o incremento na produção. Logo, tecnologias adequadas deverão ser desenvolvidas e implementadas para possibilitar a expansão da bovinocultura.

Como a alimentação corresponde pela maior parcela dos custos operacionais e é um dos principais fatores que afetam o desempenho animal, a busca e a adoção de medidas mais racionais no manejo alimentar têm o potencial de gerar um grande impacto econômico e de qualidade nos sistemas de produção de carne. Tecnologias a serem adotadas em nosso território, no campo da agropecuária, devem ser, obviamente, desenvolvidas no Brasil, onde a composição do rebanho, os alimentos disponíveis e o clima são típicos e únicos de ambientes tropicais.

A produção de carne bovina no Brasil caracteriza-se por sistemas de produção baseados em pastagens recobertas por forrageiras tropicais e em animais predominantemente zebuínos, sendo a raça Nelore a de maior ocorrência. Mais de 80% do rebanho brasileiro apresenta alguma composição genética derivada de raças zebuínas (Ripamonte, 2002). Segundo Sainz et al. (2006), o Nelore, com mais de 100 milhões de cabeças espalhadas pelo país, tornou-se a principal raça destinada à produção de carne dentro do território nacional, em virtude de sua adaptabilidade a condições de criação em ambientes tropicais: clima quente e úmido, presença de endo e ecto-parasitas e padrão de oferta alimentar irregular, seja quali ou quantitativamente.

Portanto, determinar as exigências nutricionais do nosso rebanho significa oferecer à sociedade brasileira tecnologia de produção gerada sob nossas condições, notadamente distintas daquelas presentes em países de clima temperado. O balanceamento de rações e suplementos para determinados níveis de desempenho, assim como a estimativa do desempenho a partir de dietas balanceadas, requerem o conhecimento das exigências nutricionais para as diferentes funções e para os diferentes níveis de desempenho (Boin, 1995).

EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS

A pesquisa científica mundial em nutrição animal tem definido, há mais de um século, os nutrientes requeridos pelos animais (Preston, 2006). Conhecer não só os nutrientes demandados, como também a concentração ou a quantidade dos mesmos na dieta que determinada categoria animal exige para obter desempenho desejado, juntamente com o conhecimento do valor nutricional dos alimentos disponíveis, compõe a base que permite formular dietas e planejar e implementar o manejo nutricional do rebanho de forma eficiente, técnica e econômica.

Diversos países já estabeleceram as normas nutricionais de seus rebanhos de corte, levando em consideração as peculiaridades de suas realidades: França em 1978 (INRA, 1978 e INRA, 2007), Inglaterra em 1965 (ARC, 1965), Reino Unido em 1980 (ARC, 1980) e 1993 (AFRC, 1993), Estados Unidos (NRC, 1917 a NRC, 2000) e Austrália em 1990 (CSIRO, 1990 e CSIRO, 2007). No Brasil, a primeira versão do BR CORTE (Valadares Filho et al., 2006), apresentou os requerimentos de animais Nelore criados em condições brasileiras, no entanto, o reduzido número de observações (principalmente para machos castrados e fêmeas) e a falta de animais cruzados no banco de dados sugere que seja realizada uma atualização dos requerimentos nutricionais para bovinos de corte no Brasil.

EXIGÊNCIAS DE ENERGIA

Energia é definida como a capacidade de realizar trabalho, existindo em diversas formas. A energia só pode ser mensurada durante sua transformação de uma forma para outra. Em nutrição, a energia contida em alimentos, fezes, urina e tecidos é mensurada através da completa combustão da amostra em uma bomba calorimétrica que causa o aumento da temperatura da água circundante à câmara de combustão que é quantificado e convertido na unidade caloria. Uma caloria (cal) é a quantidade de energia necessária para elevar 1 g de água em 1°C (14,5 para 15,5°C). Embora a unidade de caloria seja mais tradicional, essa não é considerada como padrão pelo Sistema Métrico Internacional que utiliza o Joule (1 cal equivale a 4,1840 J). As razões para adoção do Joule é a sua inter-convertibilidade com outras unidades de energia utilizadas pelos demais ramos da ciência. Muitos sistemas europeus já adotam o J como unidade padrão, entretanto nos Estados Unidos e América Latina, a unidade cal é mais utilizada. Considerando que grande parte dos nutricionistas brasileiros estão habituados a utilizar a cal, essa unidade será adotada nesta edição.

A energia utilizada pelos animais é obtida dos alimentos através de processos digestivos e metabólicos, considerados energeticamente ineficientes, devido a perdas que ocorrem em cada um dos diversos estágios de assimilação de nutrientes.

A energia é representada a partir das seguintes formas: energia bruta (EB), energia digestível (ED), energia metabolizável (EM) e energia líquida (EL).

A energia bruta representa o total de energia (calor) liberada durante a completa oxidação de uma amostra em uma bomba calorimétrica, mas tem utilização limitada na nutrição animal por não indicar a disponibilidade dessa energia para o animal. A energia digestível aparente é a diferença entre a EB consumida e a excretada nas fezes, sendo rotineiramente determinada em ensaios de digestibilidade. A energia metabolizável é calculada descontando-se da ED as perdas energéticas na forma de urina e gases, representando a fração energética que será utilizada pelo animal ou perdida como calor. A proporção de energia perdida na forma urinária e na forma de gases em dietas balanceadas é pouco variável, logo a EM tem sido calculada como 82 % da ED. A energia líquida é definida como a quantidade de energia disponível para os processos de manutenção e para os fins produtivos, sendo subdividida, em função de diferenças na eficiência energética, em energia líquida de manutenção e energia líquida de produção.

BANCO DE DADOS

Para a atualização das Tabelas Brasileiras de Exigências Nutricionais para Zebuínos foi construído um banco de dados composto por 25 estudos realizados em condições brasileiras, que foram: Galvão et al. (1991), Boin (1995, três estudos), Jorge et al. (1997), Ferreira et al. (1998), Paulino et al. (1999), Vêras et al. (2001), Silva et al. (2002), Veloso et al. (2002), Martins (2003), Paulino et al. (2004), Backes et al. (2005), Leonel et al. (2006), Putrino et al. (2006), Chizzotti et al. (2007), Paixão (2008), Machado (2009), Marcondes et al. (2009), Paulino et al. (2009), Porto (2009), Sales et al. (2009), Gionbelli, (2010), Marcondes et al. (2010a), Souza et al. (2010). Um resumos do banco de dados é apresentado nas Tabelas 1 a 3.

Dentre os dados apresentados, 626 animais foram estudados em confinamento e outros 127 em condições de pastejo. O grupo de animais Nelore cruzados com raças européias foi constituído de 7 animais Nelore x Holandês, 62 Nelore x Simental, 57 Nelore x Limousin, 12 Nelore x Marchigiana, 75 animais F₁ Nelore x Angus, 23 animais Brangus e 8 animais bimestiços, com a maior fração de sangue europeu vinda da raça Angus.

Tabela 1 - Estatística descritiva dos dados nacionais de bovinos abatidos em condição de confinamento e utilizados para a obtenção das exigências energéticas de animais Nelore

Itens	N	Média	Máximo	Mínimo	DP
MACHOS INTEIROS					
PVi, kg	179	291,25	437,70	151,05	61,97
PVf, kg	183	401,18	532,53	210,01	69,43
PCVZi, kg	179	251,24	357,62	130,41	52,13
PCVZf, kg	190	353,40	466,40	177,51	63,80
PCVZM, kg ^{0,75}	183	72,53	90,33	47,81	9,40
GPV, kg/dia	178	0,91	1,72	0,09	0,38
GPCVZ, kg/dia	178	0,93	1,79	-0,04	0,38
ER, Kcal/PCVZ ^{0,75}	183	43,69	170,16	-102,15	37,35
CEM, Kcal/PCVZ ^{0,75}	183	227,28	467,49	81,75	62,27
PC, Kcal/PCVZ ^{0,75}	183	183,59	391,57	20,60	54,52
MACHOS CASTRADOS					
PVi, kg	110	301,26	399,00	197,00	39,92
PVf, kg	114	383,34	519,50	233,50	58,78
PCVZi, kg	110	265,49	352,01	156,15	36,83
PCVZf, kg	124	337,33	469,47	200,53	60,52
PCVZM, kg ^{0,75}	110	73,23	89,59	51,90	7,21
GPV, kg/dia	110	0,71	1,41	-0,18	0,40
GPCVZ, kg/dia	110	0,70	1,32	-0,21	0,37
ER, Kcal/PCVZ ^{0,75}	110	52,70	103,13	0,64	26,33
CEM, Kcal/PCVZ ^{0,75}	110	215,01	309,53	114,10	52,03
PC, Kcal/PCVZ ^{0,75}	110	162,31	231,89	104,47	30,49
FÊMEAS					
PVi, kg	53	231,37	341,50	133,50	56,96
PVf, kg	61	288,39	436,50	126,50	75,71
PCVZi, kg	53	205,67	297,02	112,93	53,89
PCVZf, kg	68	259,59	397,49	107,74	69,34
PCVZM, kg ^{0,75}	53	60,74	80,15	36,96	10,99
GPV, kg/dia	53	0,67	1,27	-0,12	0,42
GPCVZ, kg/dia	53	0,66	1,25	-0,13	0,38
ER, Kcal/PCVZ ^{0,75}	53	58,45	131,65	-3,61	34,39
CEM, Kcal/PCVZ ^{0,75}	53	223,44	325,68	111,57	66,59
PC, Kcal/PCVZ ^{0,75}	53	164,98	232,90	-92,55	50,87

PVi = peso vivo inicial; PVf = peso vivo final; PCVZi = peso de corpo vazio inicial; PCVZf = peso de corpo vazio final; PCVZM = peso de corpo vazio médio metabólico; GPV = ganho de peso vivo; GPCVZ = ganho de peso de corpo vazio; ER = energia retida; CEM = consumo de energia metabolizável; PC = produção de calor

Tabela 2 - Estatística descritiva dos dados nacionais de bovinos abatidos em condição de confinamento e utilizados para a obtenção das exigências energéticas de animais cruzados Nelore x *Bos taurus*

Itens	N	Média	Máximo	Mínimo	DP
MACHOS INTEIROS					
PVi, kg	140	318,39	466,80	198,00	51,96
PVf, kg	140	471,01	585,10	248,00	67,88
PCVZi, kg	140	267,86	370,99	172,59	41,41
PCVZf, kg	143	410,27	499,38	218,03	67,68
PCVZM, kg ^{0,75}	140	79,19	93,61	56,00	8,57
GPV, kg/dia	140	1,12	1,93	-0,08	0,37
GPCVZ, kg/dia	140	1,08	2,04	-0,05	0,38
ER, Kcal/PCVZ ^{0,75}	140	49,09	111,71	-6,72	20,00
CEM, Kcal/PCVZ ^{0,75}	140	232,72	342,31	109,63	52,86
PC, Kcal/PCVZ ^{0,75}	140	183,63	288,72	84,19	44,75
MACHOS CASTRADOS					
PVi, kg	41	355,37	433,50	260,00	41,44
PVf, kg	49	428,51	552,00	264,50	80,30
PCVZi, kg	41	311,57	384,91	204,60	48,77
PCVZf, kg	52	381,72	506,08	201,06	83,14
PCVZM, kg ^{0,75}	41	82,49	94,76	58,48	9,33
GPV, kg/dia	41	0,93	1,72	-0,36	0,62
GPCVZ, kg/dia	41	0,99	1,64	-0,09	0,58
ER, Kcal/PCVZ ^{0,75}	41	63,93	108,29	9,49	30,62
CEM, Kcal/PCVZ ^{0,75}	41	226,91	314,66	119,55	65,65
PC, Kcal/PCVZ ^{0,75}	41	162,98	225,99	100,80	37,81
FÊMEAS					
PVi, kg	38	270,96	331,00	194,00	33,49
PVf, kg	46	345,22	494,00	186,50	88,50
PCVZi, kg	38	241,08	311,19	149,56	36,79
PCVZf, kg	49	304,22	442,71	175,47	79,76
PCVZM, kg ^{0,75}	38	69,01	83,20	46,89	9,14
GPV, kg/dia	38	0,86	1,75	-0,31	0,66
GPCVZ, kg/dia	38	0,80	1,73	-0,18	0,58
ER, Kcal/PCVZ ^{0,75}	38	55,16	104,39	-7,60	33,37
CEM, Kcal/PCVZ ^{0,75}	38	237,50	354,70	111,55	82,78
PC, Kcal/PCVZ ^{0,75}	38	182,34	267,87	102,76	53,28

PVi = peso vivo inicial; PVf = peso vivo final; PCVZi = peso de corpo vazio inicial; PCVZf = peso de corpo vazio final; PCVZM = peso de corpo vazio médio; GPV = ganho de peso vivo; GPCVZ = ganho de peso de corpo vazio; ER = energia retida; CEM = consumo de energia metabolizável; PC = produção de calor

Tabela 3 - Estatística descritiva dos dados nacionais de bovinos Nelore abatidos em condição de pastejo e utilizados para a obtenção das exigências energéticas de animais zebuínos

Itens	N	Média	Máximo	Mínimo	DP
MACHOS INTEIROS					
PVi, kg	82	302,21	404,00	137,50	50,59
PVf, kg	92	329,30	489,50	137,50	68,64
PCVZi, kg	79	274,14	363,30	176,27	41,40
PCVZf, kg	99	290,53	438,15	118,48	58,85
PCVZM, kg ^{0,75}	82	69,16	89,28	35,91	9,28
GPV, kg/dia	79	0,42	1,13	-0,54	0,38
GPCVZ, kg/dia	79	0,34	0,81	-0,55	0,36
ER, Kcal/PCVZ ^{0,75}	79	24,27	105,02	-52,29	29,13
CEM, Kcal/PCVZ ^{0,75}	79	198,76	306,74	83,39	54,47
PC, Kcal/PCVZ ^{0,75}	79	174,49	339,45	12,71	59,66
MACHOS CASTRADOS					
PVi, kg	20	316,78	409,00	226,00	59,75
PVf, kg	28	322,82	484,00	150,00	91,67
PCVZi, kg	20	261,17	337,21	186,33	49,26
PCVZf, kg	28	266,58	405,49	124,45	76,95
PCVZM, kg ^{0,75}	20	68,29	84,59	51,81	9,66
GPV, kg/dia	20	0,57	0,95	-0,15	0,33
GPCVZ, kg/dia	20	0,47	0,90	-0,10	0,29
ER, Kcal/PCVZ ^{0,75}	20	16,28	36,92	-12,37	15,46
CEM, Kcal/PCVZ ^{0,75}	20	209,55	306,19	119,98	54,72
PC, Kcal/PCVZ ^{0,75}	20	193,27	277,87	128,64	41,29

PVi = peso vivo inicial; PVf = peso vivo final; PCVZi = peso de corpo vazio inicial; PCVZf = peso de corpo vazio final; PCVZM = peso de corpo vazio médio metabólico; GPV = ganho de peso vivo; GPCVZ = ganho de peso de corpo vazio; ER = energia retida; CEM = consumo de energia metabolizável; PC = produção de calor

PESO DE CORPO VAZIO E GANHO DE PESO DE CORPO VAZIO

O primeiro passo para a determinação dos requerimentos nutricionais dos animais é a conversão do peso vivo em jejum em peso de corpo vazio (PCVZ). Os resultados não mostraram efeito de grupo genético ou sexo ($P > 0,05$) sobre a relação entre PCVZ e PVJ, sendo as equações apresentadas abaixo de acordo com o sistema de alimentação:

$$\begin{array}{ll} \text{Confinamento} & \text{PCVZ} = 0,895 \times \text{PVJ} \\ \text{Pasto} & \text{PCVZ} = 0,863 \times \text{PVJ} \end{array}$$

onde: PCVZ é o peso de corpo vazio e PVJ é o peso vivo em jejum, ambos em kg.

Os resultados mostram um maior rendimento de corpo vazio em relação ao peso do animal em jejum para animais terminados em confinamento, em relação àqueles terminados em pastejo. Provavelmente este efeito pode ser resultado do maior enchimento provocado pela ingestão do pasto, uma vez que, geralmente, o animal, em confinamento, tem uma maior proporção da dieta na forma de alimentos concentrados. O BR-CORTE (2006) e o NRC (2000) apresentaram valores fixos para a relação PVJ/PCVZ de 0,896 e 0,891, respectivamente. Entretanto, o NRC (2000) reportou que essa relação poderia variar de 85 a 95%. Chizzotti et al. (2008), usando a meta-análise de dados de animais zebuínos e cruzados criados no Brasil, apresentaram uma relação PVJ/PCVZ de acordo a equação: $\text{PCVZ} = -15,6 + 0,928 \times \text{PVJ}$.

A relação ganho médio diário (GMD) x ganho de peso de corpo vazio (GPCVZ) foi afetada pelo grupo genético ($P = 0,0003$) no sistema de confinamento. Dessa forma pode-se estimar o GPCVZ a partir das equações:

Confinamento	Nelore	$GPCVZ = 0,936 \times GMD$
	Cruzados	$GPCVZ = 0,966 \times GMD$
Pasto		$GPCVZ = 0,955 \times GMD$

onde: GPCVZ é o ganho de peso de corpo vazio e GMD é o ganho médio, ambos em kg/dia.

Percebe-se que animais Nelore têm um menor GPCVZ em relação a animais cruzados. Esses resultados corroboram com a literatura, uma vez que o BR-CORTE (2006), trabalhando apenas com animais Nelore, sugeriu um valor de conversão de 0,933 e o NRC (2000), trabalhando com animais europeus, sugeriu uma conversão de 0,951. Já Chizzotti et al. (2008), avaliando animais zebuínos puros e cruzados, sugeriram um valor médio de 0,961.

PESO À MATURIDADE

Até o presente momento, o peso à maturidade sempre foi correlacionado ao peso estável da vaca adulta de determinada raça. A aplicação desse valor para animais em crescimento pode não proporcionar resultados satisfatórios, uma vez que algumas raças, como as continentais européias, atingem um peso à idade adulta muito acima do peso normalmente preconizado no mercado nacional para abate de bovinos. Além disso, muitos destes animais estabilizam muito antes sua composição livre de gordura (Reid et al., 1955), sendo o acréscimo no seu peso ocasionado somente pelo acréscimo de gordura, portanto, dependente da dieta oferecida ao animal.

Dessa forma, para se determinar o peso à maturidade de bovinos, seria interessante o estudo de curvas de crescimento do nascimento até a idade adulta. Vários trabalhos foram realizados relacionando crescimento com idade (Brown et al., 1976; Menchaca et al., 1996), no entanto a evolução no conhecimento da nutrição deu ao manejador condições de mudar a taxa de ganho de seus animais, conseqüentemente, alterando a curva de crescimento dos mesmos. Portanto o estudo das curvas de crescimento em relação ao peso corporal e à sua composição tornam-se fatores mais preponderantes para a determinação de forma mais concreta (menos empírica) da maturidade de bovinos.

Arnold & Bennett (1991a,b) estudaram o modelo proposto por Sanders & Cartwright (1979a,b) e sugeriram um peso à maturidade de 517 kg para animais inteiros, 520 kg para castrados e 315 kg para novilhas em raças de tamanho corporal médio (Hereford-Shorthorn). O modelo proposto por Oltjen et al. (1986), também com animais de tamanho médio (Angus-Hereford), estimou um valor de maturidade de 450 kg para animais castrados. Considerando que animais Nelore também são considerados de médio porte (NRC, 1996), essas diferenças podem ser importantes, uma vez que a maioria dos sistemas de exigências nutricionais (NRC, 1996; CSIRO, 2007) já consideram o peso à maturidade para corrigir as necessidades nutricionais. De acordo com Taylor et al. (1980), a análise de *inputs* e *outputs* em variáveis possivelmente relacionadas à maturidade pode ser uma forma de estimá-la. Alguns estudos foram realizados com animais *Bos taurus* (Berg & Butterfield, 1976), entretanto a avaliação do crescimento de animais *Bos indicus* para a determinação de sua maturidade ainda não é conclusiva.

Utilizando o banco de dados do BR-CORTE, excluídos aqueles animais mantidos em regime de manutenção, foi possível traçar curvas relacionando o conteúdo

de extrato etéreo, proteína bruta, água e minerais em relação ao peso de corpo vazio de animais Nelore e seus cruzados, objetivando determinar um peso que melhor represente a maturidade desses animais.

De acordo com Reid et al. (1955), a maturidade química dos animais seria atingida quando sua concentração de proteína bruta na matéria seca livre de gordura se tornasse constante nos animais. Nesse sentido, foi determinado o ponto em que não houve acréscimo significativo ($P > 0,05$) de proteína bruta na matéria seca livre de gordura, quando o PCVZ apresentou uma variação de 10 kg, atingindo, assim, um platô de deposição protéica.

Para animais Nelore esse platô foi atingido com 428,5 kg de PCVZ, sendo representado por uma concentração de 78,47% de PB na matéria seca desengordurada (MSD). Já para animais cruzados, esse platô foi obtido aos 453,6 kg de PCVZ e 81,0 % de PB na MSD. Esses resultados demonstram que animais Nelore puros atingem a maturidade química antes de seus cruzados com animais europeus.

Tedeschi et al. (2002) sugeriram que a maturidade fosse representada pelo peso em que os animais Nelore atingissem 22% de extrato etéreo no corpo vazio, o que foi representado por um peso de 365 kg para animais inteiros jovens e castrados e 456 kg para animais inteiros tardios. Contudo esta recomendação não parece a mais indicada, uma vez que o teor de extrato etéreo no corpo vazio é fortemente afetado pela dieta (Coleman et al., 1993; Albin et al. 1967; Guenther et al., 1965; Henrickson et al., 1965), não sendo, portanto, recomendado como um valor padrão de uma raça ou grupo sexual. Utilizando o banco de dados acima descrito e considerando o teor de 22% de extrato etéreo no corpo vazio como ponto de maturidade dos animais, seria obtido um peso de corpo vazio à maturidade de 464,6 kg para animais Nelore e de 516,3 para animais cruzados.

Apesar de serem esperados maiores pesos à maturidade de animais de grande porte, como é o caso de raças européias continentais, o valor de 516,3 kg para animais ½ sangue parece acima do previsto, uma vez que no Brasil se trabalha com peso de abate normalmente abaixo de 500 kg. Entretanto, a alta heterose de animais ½ sangue geralmente provoca um acréscimo no desempenho dos mesmos (Marcondes et al., 2010a), o que pode acarretar em maior deposição de tecido protéico e, portanto, maior tempo para estabilização do teor de proteína bruta na MSD.

O NRC (2000) sugere que se faça a correção do peso dos animais de diferentes tamanhos corporais ou pesos à maturidade para exigências de energia para ganho. O peso à maturidade médio de todos os grupos genéticos avaliados foi de 440 kg. Sendo assim pode-se calcular o PCVZ equivalente ($PCVZ_{eq}$) a partir do valor de peso à maturidade sugerido anteriormente. Esse tipo de correção permite a comparação de animais de diversos grupos raciais em diferentes pontos de terminação. O modelo adotado pelo BR-CORTE é:

$$PCVZ_{eq} = (PCVZ/PCVZ_{mat}) \times PCVZ_{ref}$$

Onde $PCVZ_{eq}$ é o peso de corpo vazio equivalente; $PCVZ_{ref}$ é o peso referência em que todos animais estariam em um mesmo ponto de maturidade (440 kg); e $PCVZ_{mat}$ é o PCVZ à maturidade dos grupos genéticos avaliados (430 kg para Nelore e 455 kg para cruzados).

Observa-se que os valores sugeridos acima são arredondamentos daqueles mostrados anteriormente, para facilitar o procedimento de cálculo dos requerimentos nutricionais.

EXIGÊNCIAS DE ENERGIA LÍQUIDA PARA MANTENÇA

As exigências de energia líquida para manutenção (EL_m) têm sido calculadas, utilizando o método do abate comparativo. Neste, a produção de calor não é diretamente mensurada, mas obtida pela diferença entre o consumo de energia metabolizável e a energia retida no corpo vazio. Para utilizar este método é necessário que os animais sejam alimentados com diferentes níveis de energia metabolizável (via restrição da dieta ou diferentes níveis de concentrado) o que resultará em variação na energia retida no corpo e na produção de calor. A EL_m tem sido calculada como o antilogaritmo do intercepto da equação de regressão entre o logaritmo da produção de calor e a ingestão de energia metabolizável (EM), conforme preconizado por Lofgreen & Garret (1968), que representa a produção de calor de um animal em jejum. Tendo em vista o desenvolvimento dos softwares estatísticos, o uso de dados logaritimizados tem diminuído, sendo mais adequado o emprego de modelos não-lineares exponenciais para descrever a relação entre a PC e o CEM, segundo o modelo:

$$PC = \beta_0 \times e^{\beta_1 \times CEM}$$

onde PC é a produção de calor (Mcal/PCVZ^{0,75}), CEM é o consumo diário de energia metabolizável (Mcal/PCVZ^{0,75}), β_0 e β_1 são parâmetros da regressão e “e” é o número de Euler.

Neste modelo, o β_0 representa os requerimentos líquidos para manutenção, e pelo método iterativo pode ser determinado o ponto onde o CEM e a PC se igualam, sendo esse ponto considerado como o requerimento de EM_m . A eficiência de utilização da energia metabolizável para manutenção (k_m) é obtida a partir da relação entre as exigências líquidas e metabolizáveis de energia para manutenção, ou seja, $k_m = EL_m/EM_m$.

Na Tabela 4 são apresentados os resultados da primeira versão do BR-CORTE (2006), utilizando apenas animais Nelore para as diferentes classes sexuais. Observa-se que o modelo utilizou o método logaritmico para estimação dos coeficientes de regressão e que não houve efeito de classe sexual sobre os requisitos de manutenção.

Tabela 4 - Regressões do logaritmo da produção de calor (PC, Kcal/PCVZ^{0,75}) em função do consumo de energia metabolizável (CEM, Kcal/PCVZ^{0,75}) e estimativa das exigências de energia líquida (EL_m) e energia metabolizável (EM_m) para manutenção, expressas em Kcal/PCVZ^{0,75}, de bovinos Nelore de diferentes classes sexuais

Classe sexual	Intercepto	Inclinação	r ²	EPE	EL _m	EM _m	k _m [†]
Machos inteiros	1,8992	0,0015	0,8515	0,035	79,28	120,0	0,66
Machos Castrados	1,8861	0,0016	0,8274	0,038	76,93	119,5	0,64
Fêmeas	1,8912	0,0016	0,8788	0,027	77,84	122,2	0,64
Conjunto	1,8949	0,0016	0,8512	0,035	78,50	123,9	0,63

EPE = erro padrão da estimativa.

k_m = EL_m/EM_m.

A partir do trabalho de Lofgreen & Garret (1968), o NRC (2000) estabeleceu que as exigências de energia líquida de manutenção para novilhas e machos castrados seriam de 77 kcal por unidade de peso vivo metabólico. Já Chizzotti et al. (2008) estimaram exigências de manutenção de 75 kcal/PCVZ^{0,75}/dia, em estudo envolvendo análise de dados de 389 animais Nelore, puros ou cruzados com raças taurinas.

Utilizando o novo banco de dados do BR-CORTE foram estimadas as exigências de EL_m para animais zebuínos considerando efeitos de classe sexual, grupo genético e sistema de alimentação. Em função do número desigual de dados e das condições específicas de alimentação, os testes dos modelos para EL_m de animais em confinamento e pastejo foram feitos em separado.

Não foram observadas diferenças nos coeficientes β_0 e β_1 para classe sexual e grupo genético tanto para animais criados em confinamento quanto em condições de pastejo, levando à recomendação de dois modelos, um para animais em confinamento e outro para animais em pastejo, conforme 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).

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, fazendo com que a medida da produção de calor pelo animal nesse instante, represente a quantidade de energia dispensada para as atividades estritamente basais, como respiração, circulação, homeotermia e funcionamento dos órgãos e sistemas enzimáticos. Como para vários grupos de animais a medida da produção de calor em jejum em câmara respirométrica é inviável, há uma dedução desse valor por meio de modelos matemáticos, sendo o valor de EL_m , portanto, um valor estimado e teoricamente independente da dieta.

Embora o valor de EL_m seja independente da dieta, o maior valor de EL_m encontrado para animais em confinamento (74,2 Kcal/PCVZ^{0,75}/dia) em relação à animais em pastejo (71,7 Kcal/PCVZ^{0,75}/dia) é função das condições de criação. A diferença encontrada, embora não tenha sido testada estatisticamente, parece estar relacionada ao fato de que animais criados em pastejo desenvolvem adaptações em seu metabolismo basal de forma a melhor suportarem as condições do meio, reduzindo o custo energético associado às funções vitais básicas. Cabe ressaltar, também, que os dois valores observados encontram-se próximos ao valor de taxa metabólica basal, medida em câmara respirométrica, sugerida para mamíferos homeotermos adultos, de 69 kcal/PCVZ^{0,75}/dia (Poczopko, 1971).

Entretanto, observa-se pela Figura 1, que à medida que há ingestão de alimento (consumo de energia metabolizável), a produção de calor por animais em pastejo aumenta de forma mais acentuada em relação aos animais confinados, levando a maiores estimativas de exigências de energia metabolizável para manutenção, conforme será apresentado no item 3.5.

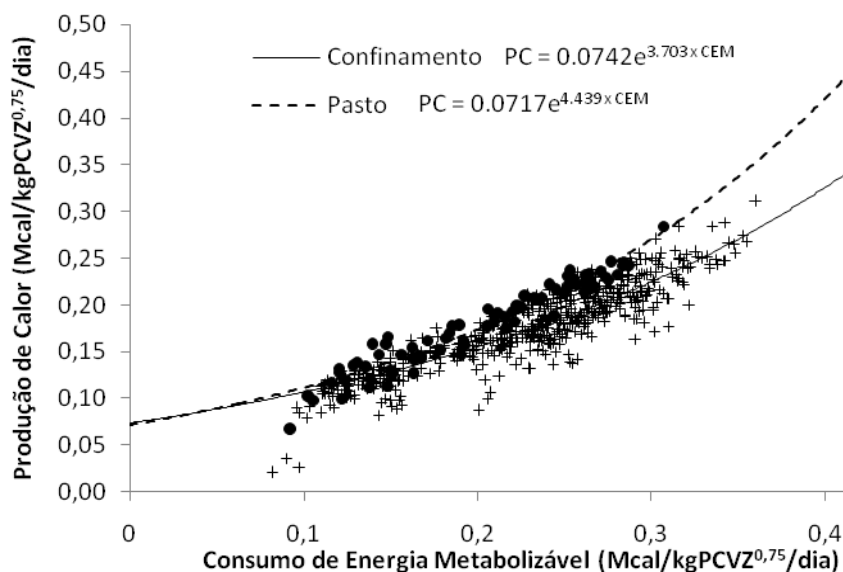


Figura 1 - Relação exponencial entre a produção de calor e o consumo de energia metabolizável para animais zebuínos puros e cruzados em condição de confinamento (+, n = 554) e pastejo (●, n = 78).

Para animais zebuínos, ao revisar um conjunto de dados obtidos com várias raças zebuínas, o NRC (2000) concluiu que um desconto de 10% deveria ser aplicado, o que resultaria em exigências de energia líquida para manutenção de 69 kcal/PV^{0,75}/dia. O NRC (2000) também sugere não haver diferenças entre animais castrados e fêmeas (Garret, 1980), assim como o ARC (1980) e CSIRO (1990). Contudo, o NRC (2000) sugere que animais inteiros teriam um requerimento de EL_m entre 9 e 20% superior às outras classes (Ferrell & Jenkins, 1985; Webster et al., 1982).

Chizzotti et al. (2008), comparando Nelore puros com animais cruzados de Nelore com raças taurinas (Angus, Red Angus, Simental, Limousin e Brangus), não detectaram diferença entre bovinos Nelore puros (n=271) e cruzamentos de Nelore x *Bos taurus* (n=118). Deve-se ressaltar que o banco de dados deste estudo foi composto por animais com paternidade taurina, ou seja, filhos de touros *Bos taurus* e vacas Nelore. A raça paterna pode ter menor influência na determinação da produção de calor, pois sabe-se que no momento da fecundação, as mitocôndrias espermáticas, localizadas na base da cauda, não são transferidas ao óvulo, logo a informação genética mitocondrial do animal gerado assemelha-se apenas à da mitocôndria materna. Como as mitocôndrias representam parcela significativa na produção de calor do animal (Harper et al., 2002), seria esperada que a produção de calor mitocondrial fosse influenciada principalmente pela raça materna (Wagner, 1972). Logo, a ausência de efeito de raça nos animais cruzados deste banco de dados pode ser atribuída à semelhança mitocondrial destes com os animais Nelore puros.

EXIGÊNCIAS DE ENERGIA METABOLIZÁVEL PARA MANTENÇA

A definição de EL_m como a PC do animal em jejum impede sua utilização direta em formulação de rações, tendo em vista que animais em produção não estão em jejum, devendo esta ser convertida em energia metabolizável de manutenção (EM_m). Para isso é necessário o conhecimento da eficiência de utilização da energia metabolizável para manutenção (k_m). Utilizando a relação exponencial entre a produção

de calor e o consumo de energia metabolizável (Figura 1), é possível estabelecer as exigências de EM_m adotando-se um processo iterativo que iguale a PC ao CEM, ou seja, quando todo o CEM for perdido na forma de calor ($PC=CEM$) não haverá retenção de energia, sendo este CEM equivalente à exigência de EM_m . Utilizando esse procedimento, ao dividir a EL_m pela EM_m será obtido a k_m .

Esta foi a metodologia utilizada por Valadares Filho et al. (2006) para a estimação dos requerimentos de EM_m e do k_m na última edição do BR-CORTE (Tabela 4). A k_m reportada por estes autores foi de 0,63, enquanto Chizzotti et al. (2008) estimaram k_m de 0,67, não sendo detectados efeitos de raça ou sexo sobre a estimativa deste parâmetro.

Segundo o CSIRO (2007), fatores como sexo, raça, idade e ambiente afetam a k_m . Porém, esta tem sido estimada somente a partir da concentração de energia metabolizável da dieta (AFRC, 1993; NRC, 2000; CSIRO, 2007). Utilizando o banco de dados do BR-CORTE, Marcondes et al. (2010a) não evidenciaram relação entre a k_m e a concentração de EM na dieta. Johnson et al. (1977) também relataram problemas no uso desta variável para estimar a k_m , reportando que o modelo é inadequado principalmente quando utilizados alimentos de baixa digestibilidade, o que é bastante comum em condições tropicais.

Um dos grandes desafios para os modelos de exigências nutricionais constitui em determinar os fatores que afetam a k_m e as exigências de EM_m , tendo em vista que, reconhecidamente, a PC é afetada pela taxa e pela composição do ganho de peso (Willians & Jenkins, 2003). Marcondes et al. (2010b) estudaram o efeito de diversas variáveis sobre a k_m . O estudo foi realizado estimando-se a k_m obtida em cada experimento e correlacionando os valores de k_m com diversas variáveis. A eficiência parcial de uso da energia metabolizável para ganho (k_g) e o ganho de peso de corpo vazio (GPCVZ) afetaram a k_m , o que sugere que os requisitos de manutenção são afetados pelo desempenho dos animais. O grupo genético afetou significativamente os parâmetros da regressão, sendo o mesmo dividido em animais Nelore puros e cruzados, pois o baixo número de repetições ($n = 25$) impossibilitou uma análise mais aprofundada de efeito racial. Por outro lado a classe sexual não afetou a k_m . O modelo final sugerido pelos autores foi:

$$K_m = 0,513 + 0,173 \times K_g + a \times \text{GPCVZ}$$

onde a é igual a 0,100 para animais Nelore e 0,073 para animais cruzados *Bos taurus* x *Bos indicus*.

Apesar de não terem sido evidenciados efeitos de grupo genético sobre EL_m , a equação acima pode introduzir um novo conceito de como esse fator influencia os requisitos de manutenção. O NRC (2000) sugere que *Bos indicus* teriam 10% a menos de EL_m , mas a equação de k_m indica que essa diferença pode não estar relacionada à exigência líquida de manutenção, mas sim à eficiência de utilização da EL_m , onde animais *Bos indicus* seriam mais eficientes em converter a energia metabolizável consumida em energia líquida de manutenção, quando comparados à animais *Bos taurus*, ou, neste caso, cruzados *Bos taurus* x *Bos indicus*.

Garrett (1980) sugeriu que a composição corporal e o plano de nutrição afetam a k_m . O modelo sugerido dá suporte a essa idéia, uma vez que a k_g é afetada pela composição do ganho (como será mostrado a seguir), e o GPCVZ também é efeito do plano de nutrição. O autor explica ainda que o *turnover* protéico pode ser responsável por parte da variação da k_m , e dessa forma, os grupos raciais avaliados teriam diferenças em seu *turnover* protéico.

Apesar de não terem sido observados trabalhos na literatura dando suporte à hipótese acima, Lobley et al. (2000) mostraram que animais com menor *turnover*

protéico possuem uma menor maciez de carne. Diversos trabalhos mostram que animais *Bos indicus* possuem uma menor maciez de carne em relação à animais *Bos taurus* (Whipple et al., 1990; Shakelford et al., 1991; Restle et al., 1999), portanto esse menor gasto energético com *turnover* protéico, indicado pela menor maciez, de animais *Bos indicus* pode proporcionar uma maior eficiência de uso da energia metabolizável para estes animais.

Em função da utilização de estudos como unidades experimentais, Marcondes et al. (2010b) não fizeram comparações entre condições de confinamento e pastejo para desenvolvimento dos modelos da k_m . Entretanto, os modelos gerados para a PC em função do CEM de animais confinados e em pastejo, apresentados no item anterior, permitem afirmar que há diferenças na eficiência de utilização da energia metabolizável para manutenção nos dois sistemas de alimentação (Figura 1).

Ao calcular um valor de EM_m para animais confinados, pelo método iterativo, utilizando o modelo apresentado na Figura 1 ($PC = 0,0742 \times e^{3,703 \times CEM}$), obtém-se uma EM_m de 112,4 kcal/PCVZ^{0,75}/dia, como sendo o momento em que CEM é igual a PC. Utilizando o mesmo método, com o modelo de PC em função do CEM para animais em pastejo ($PC = 0,0717 \times e^{4,439 \times CEM}$), obtém-se um valor de EM_m de 124,7 kcal/PCVZ^{0,75}/dia, valor este 11% superior ao valor obtido para animais em confinamento. Dessa forma, sugere-se que depois de calculado um valor de k_m pela equação proposta, e obtido um valor de EM_m por meio da divisão do valor de EL_m pela k_m , seja feito um acréscimo de 11% no valor de EM_m para animais em pastejo.

O maior valor de EM_m observado para animais em pastejo decorre do maior gasto de energia para locomoção, apreensão de forragem e eficiência de utilização da energia dietética. Animais em condições de pastejo normalmente têm a disposição dietas com menor metabolizabilidade do que animais em confinamento, o que, de acordo com Garrett (1980), leva a uma menor eficiência de utilização da energia metabolizável para manutenção e ganho.

Atividades voluntárias

As exigências nutricionais têm sido determinadas em animais confinados, devido à possibilidade de mensuração do alimento fornecido e do consumo de energia metabolizável. Neste sistema, as atividades físicas normais como o movimento de levantar e deitar, atividade mastigatória e de ruminação, a atividade muscular para permanecer em pé e o deslocamento do animal são consideradas na estimativa da produção de calor. Entretanto, para animais criados em pastagem, a atividade locomotora é reconhecidamente superior em relação a animais confinados. O CSIRO (2007) considera que animais em pastejo gastam mais energia com a atividade de ingestão que animais confinados. Este sistema assume que a energia despendida com a caminhada é de 0,62 Kcal/km de deslocamento horizontal e de 6,69 Kcal/km de deslocamento vertical e que a energia metabolizável adicional de ingestão, expressa em MJ, pode ser calculada por $0,0025 \times CMS_p \times (0,9 - DMS)$, onde CMS_p é o consumo de matéria seca (kg/dia) de pasto e DMS a digestibilidade da matéria seca do pasto. Adotando essas correções, animais a pasto apresentariam exigências de manutenção 10 a 20% superiores em relação à animais confinados, dependendo da topografia do terreno, da taxa de lotação, e da disponibilidade e qualidade do pasto.

No presente trabalho apenas 6 dos 26 estudos presentes no banco de dados foram desenvolvidos em condições de pastejo. Este grupo de animais foi avaliado separadamente quanto aos requerimentos nutricionais e, como já observado anteriormente, houve um acréscimo de 11% nas exigências de EM_m de animais mantidos em condições de pastejo. No entanto, ainda existe grande variabilidade e

escassez nos dados de animais a pasto, o que mostra que ainda há muito a ser feito nesse sistema. Experimentos de abate comparativo, para estimação dos requerimentos nutricionais, conduzidos em pastejo são de difícil condução, pois tanto o consumo de suplemento e pasto, como a excreção fecal devem ser estimados com o uso de indicadores.

Muitos trabalhos têm sido desenvolvidos para aperfeiçoar os métodos de estimação do consumo e excreção de animais em pastejo (Ferreira et al., 2009), contudo mais experimentos são necessários para aumentar o número de repetições e proporcionar condições para que os procedimentos estatísticos identifiquem com maior precisão o efeito do pastejo sobre os requisitos de manutenção.

Efeitos ambientais

Os principais fatores envolvidos na determinação do conforto térmico são: o ambiente (temperatura do ar, umidade do ar, radiação solar, e pressão atmosférica), a estrutura da pele do animal (espessura, isolamento térmico, penetração pelo vento, ventilação, emissividade, absorvidade e refletividade) e características corporais (forma corporal, tamanho, área de superfície, área exposta à radiação solar, emissividade e absorvidade da epiderme), (Silva, 2000). A faixa de conforto térmico, delimitada pelas temperaturas críticas inferior e superior, é definida como a faixa de temperatura em que não há gasto adicional de energia para manutenção da temperatura corporal.

Em condições tropicais, dificilmente a temperatura ambiental mínima será inferior à temperatura crítica inferior, logo o estresse por frio não tem grande relevância na determinação das exigências nutricionais.

Entretanto, a temperatura crítica superior pode ser alcançada em condições tropicais. Sob estresse térmico por calor, o consumo de matéria seca é inferior, entretanto, como a temperatura crítica superior é ultrapassada durante curto período do dia, o consumo pode ser recuperado em horários de temperatura mais amena. O estresse térmico por calor aumenta a frequência respiratória, a taxa de batimentos cardíacos e a ofegação, aumentando o gasto energético para a manutenção da temperatura corporal, porém também diminui a produção metabólica de calor o que dificulta a adoção de ajustes nas exigências nutricionais para esse fator.

Tem sido atribuída a bovinos Nelore maior tolerância ao estresse calórico em relação aos *Bos taurus*, devido a fatores morfológicos como maior superfície corporal devido às dobras da pele, pêlo curto que facilita a perda de calor corporal e de coloração clara que favorece a reflexão da radiação solar, pele escura que diminui danos causados pela radiação ultravioleta e pela intensa sudação em decorrência do maior número, tamanho e atividade das glândulas sudoríparas.

EXIGÊNCIAS DE ENERGIA PARA GANHO

A composição do ganho de corpo vazio é o principal determinante das exigências de energia para ganho de peso, que são estimadas a partir da energia retida no corpo. O que determina a composição do ganho de corpo vazio não é o peso corporal absoluto, mas o peso relativo ao peso à maturidade do animal.

O NRC (2000) estima as exigências de energia líquida para ganho (EL_g), a partir do peso de corpo vazio equivalente ($PCVZ_{eq}$) e do ganho de peso de corpo vazio desejado ($GPCVZ$). A equação do NRC para cálculo da EL_g é a seguinte: $ER = 0,0635 \times PCVZ_{eq}^{0,75} \times GPCVZ^{1,097}$. Essa equação foi construída, considerando-se como base um novilho castrado, com peso de 478 kg e teor de gordura corporal de 28%. O NRC (2000)

recomenda, ainda, aplicar o fator de 18% a mais ou menos, para se obter as exigências de energia líquida para ganho de peso de fêmeas e machos inteiros, respectivamente.

A primeira versão do BR-CORTE também recomendou ajustes para diferentes condições sexuais, contudo a energia retida de machos inteiros foi aproximadamente 13% inferior em relação aos machos castrados e esses apresentaram energia retida 17,3% inferior às fêmeas:

Machos inteiros	$EL_g = 0,0529 \times PCVZ^{0,75} \times GPCVZ^{1,0996}$
Machos castrados	$EL_g = 0,0608 \times PCVZ^{0,75} \times GPCVZ^{1,0996}$
Fêmeas	$EL_g = 0,0735 \times PCVZ^{0,75} \times GPCVZ^{1,0996}$

onde PCVZ é o peso de corpo vazio e GPCVZ é o ganho de peso de corpo vazio. Chizzotti et al. (2008) recomendaram a seguinte equação para predição da EL_g :

$$EL_g = a \times PCVZ^{0,75} \times GPCVZ^{1,070}$$

onde PCVZ = peso de corpo vazio, kg; GPCVZ = ganho de peso de corpo vazio; e a é igual a 0,0514; 0,0700; ou 0,0771 para machos inteiros, machos castrados e fêmeas, respectivamente.

Os autores não evidenciaram efeito de grupo genético sobre os requerimentos líquidos para ganho. O efeito de raça sobre as exigências de energia para ganho pode ser atribuído aos diferentes pesos adultos e precocidade de deposição de gordura das diferentes raças utilizadas para produção de carne. Os diferentes pesos à maturidade das raças determinarão diferentes graus de maturidade de animais com mesmo peso absoluto. Dessa forma, para animais de mesmo peso absoluto e à mesma taxa de ganho em peso, são esperadas maiores concentrações energéticas no ganho de animais de raças de menor peso à maturidade em relação aos animais de raças de maturidade mais tardia.

Os expoentes do GPCVZ são próximos, quando se compara a equação do NRC (1,097) com a obtida para zebuínos puros e cruzados (1,070). Nota-se que as exigências para ganho de zebuínos puros e cruzados são um pouco inferiores às de taurinos puros, devido ao menor teor de gordura na carcaça (e menor teor de gordura no GPCVZ) de zebuínos e suas cruzas em relação aos taurinos.

Quando foi utilizado o banco de dados atualizado do BR-CORTE, e utilizando o $PCVZ_{eq}$ em detrimento ao PCVZ utilizado anteriormente, evidenciou-se apenas efeito de classe sexual ($P < 0,0001$) na estimativa da EL_g . Entende-se que a ausência de efeito de grupo genético parece coerente, uma vez que, a utilização do $PCVZ_{eq}$ ajusta a diferença no tamanho à maturidade entre raças e, portanto, o efeito de grupo genético. Dessa forma foram geradas equações para animais em confinamento e uma para animais em sistema de pastejo.

Confinado:

Machos Inteiros	$EL_g = 0,053 \times PCVZ_{eq}^{0,75} \times GPCVZ^{1,095}$
Machos Castrados	$EL_g = 0,064 \times PCVZ_{eq}^{0,75} \times GPCVZ^{1,095}$
Fêmeas	$EL_g = 0,072 \times PCVZ_{eq}^{0,75} \times GPCVZ^{1,095}$

Pasto: $EL_g = 0,052 \times PCVZ_{eq}^{0,75} \times GPCVZ^{1,062}$

onde $PCVZ_{eq}$ é o peso de corpo vazio equivalente e GPCVZ é o ganho de peso de corpo vazio.

Observa-se que o intercepto das equações propostas para animais em pastejo e para machos inteiros sob confinamento é muito próximo. Isto provavelmente ocorreu porque a maior parte do banco de dados de animais terminados a pasto é de machos inteiros (80%). Além disso, percebe-se que o expoente do GPCVZ é maior para animais confinados em relação àqueles a pasto. Estes animais foram, em média, abatidos mais leves que aqueles em confinamento, além de terem sido submetidos à dietas menos energéticas; dessa forma, a equação sugere que existe uma menor concentração de energia no ganho de animais à pasto, pois a fase de crescimento e dieta proporcionam uma maior proporção de proteína no GPCVZ.

Para o efeito de condição sexual, nesta edição verificou-se um requerimento de EL_g de animais castrados 20% superior em relação a machos inteiros e 12,5% inferior em relação às fêmeas. Percebe-se que essa diferença corresponde a uma amplitude próxima à sugerida na versão anterior do BR-CORTE (2006) de 30% (20 + 12,5%), no entanto o banco de dados atual apresenta uma maior quantidade de dados em relação ao anterior, o que proporciona uma maior segurança nas avaliações.

Eficiência da utilização da EM para ganho

Para converter as exigências de energia líquida em exigências de energia metabolizável para ganho de peso, torna-se necessário conhecer a eficiência de utilização da energia metabolizável para ganho de peso (k_g).

A k_g pode ser estimada como o coeficiente de inclinação da regressão da ER em função do CEM para ganho (Figura 2), entretanto observa-se alta variação dos valores de k_g entre experimentos.

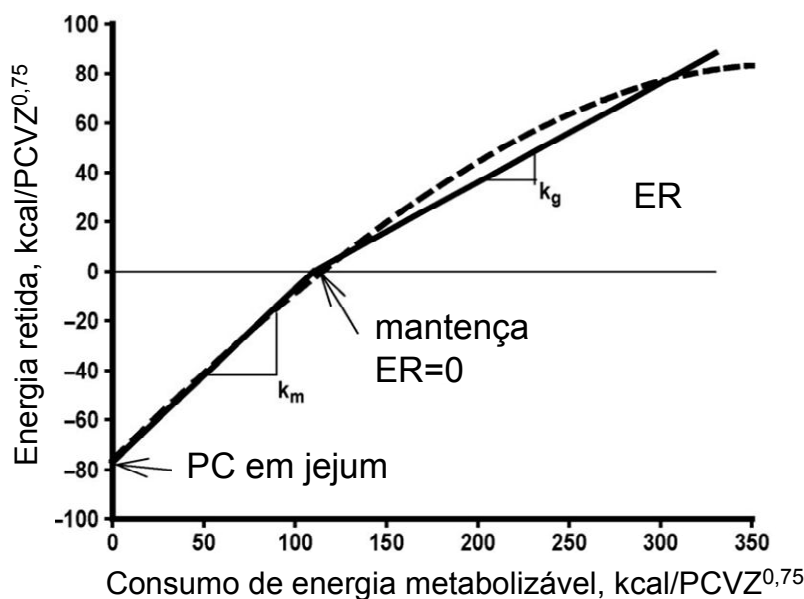


Figura 2 - Relação entre energia retida e consumo de energia metabolizável.

(Adaptada de Ferrell & Oltjen, 2008).

Na primeira versão do BR-CORTE, o banco de dados foi dividido em animais recebendo baixo ou alto concentrado (abaixo ou acima de 50% de concentrado na dieta, respectivamente). A partir dessa divisão foram determinados valores de k_g de aproximadamente 0,35 para dieta com baixa energia e de aproximadamente 0,47 para dieta com alta energia. A análise dos dados com todas as dietas em conjunto, estimou o valor de aproximadamente 0,38 para a k_g , logo a utilização desse valor para

todas as taxas de ganho de peso, ou seja, diferentes níveis de energia na dieta, poderia subestimar as exigências de energia metabolizável para ganho de peso de dietas com baixa energia e superestimar para dietas com alta energia.

O acúmulo de energia no corpo vazio ocorre através da deposição de proteína e gordura. A eficiência de deposição de energia em forma de gordura é reconhecidamente superior à de proteína (Owens et al., 1995). Desta forma, a eficiência com que a energia é retida no corpo (k_g) depende das proporções de energia retidas na forma de proteína e de gordura e como essas proporções são variáveis, k_g não pode ser constante. Assim, propõe-se que a estimativa de k_g seja baseada na composição do ganho.

Kielanowski (1965) sugeriu que o CEM poderia ser representado pela soma da energia metabolizável para manutenção e a energia necessária para a deposição de gordura e proteína:

$$\text{CEM} = \text{EM}_m + \text{ER}_{\text{gord}}/k_{\text{gord}} + \text{ER}_{\text{prot}}/k_{\text{prot}}$$

onde ER_{gord} e ER_{prot} representam a energia retida na forma de gordura e proteína (Mcal/dia), respectivamente, e k_{gord} e k_{prot} as respectivas eficiências de deposição.

A gordura é a principal forma de reserva energética animal e apresenta o valor calórico de 9,367 kcal/g (Blaxter & Rook, 1953). Já a proteína apresenta 5,686 kcal/g (Garrett, 1958). Assim, quanto maior a porcentagem de proteína no ganho, menor será a sua concentração energética e vice-versa, permitindo a estimativa da %ER_p em função da concentração de energia no GPCVZ (ER_c , Mcal/kg de GPCVZ).

A partir do modelo acima descrito, Tedeschi et al. (2004) propuseram a seguinte equação para estimar a k_g :

$$k_g = (k_{\text{gord}} \times k_{\text{prot}}) / [k_{\text{prot}} + (\% \text{ER}_p / 100) \times (k_{\text{gord}} - k_{\text{prot}})]$$

onde %ER_p é a proporção da energia retida na forma de proteína.

O sistema Australiano (CSIRO, 2007) utiliza k_{prot} e k_{gord} como 45 e 75%, respectivamente, já Chizzotti et al. (2008) encontraram valores de 34 e 79%, respectivamente, para k_{prot} e k_{gord} . Entretanto, a avaliação desta equação para estimar a k_g indicou superestimativas nos valores da mesma (Marcondes, dados não publicados).

Visando corrigir esse problema, Marcondes et al. (2010b) avaliaram a estimativa da k_g a partir da relação entre a ER_p diretamente. Para isso a k_g foi obtida a partir da relação entre a ER e o CEM_g para cada um dos 25 estudos e relacionaram os valores encontrados com outras variáveis (Figura 3).

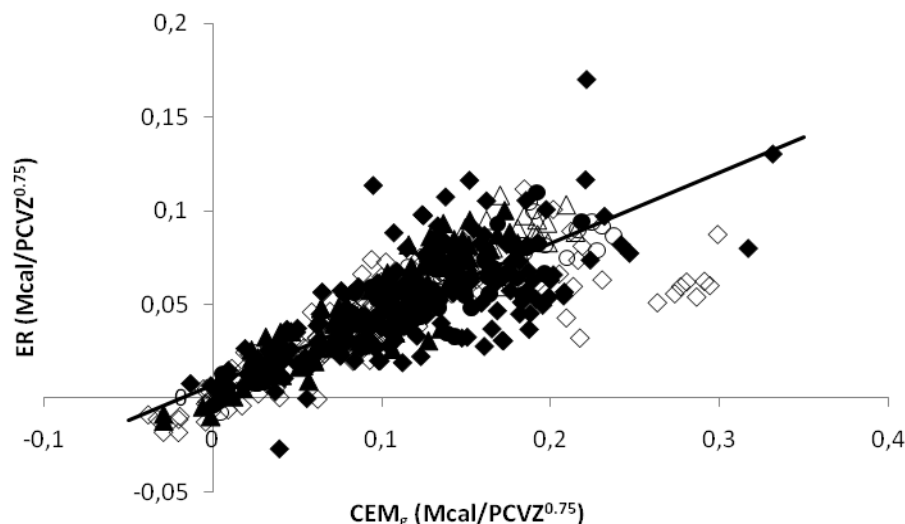


Figura 3 - Relação entre a energia retida (ER) e o CEM para ganho (CEM_g). Os símbolos representam dados de machos inteiros (\blacktriangle , \triangle), machos castrados (\diamond , \blacklozenge), e fêmeas (\circ , \bullet). Pontos sólidos representam animais Nelore, e pontos vazios representam animais cruzados *Bos Indicus* com *Bos taurus* (Adaptada de Marcondes et al., 2010b).

Observou-se que a melhor variável para explicar a k_g foi a proporção de energia retida na forma de proteína (ER_p). Essa variável já havia sido usada nos modelos propostos por Tedeschi et al. (2004) e Chizzotti et al. (2008), sendo importante por correlacionar a eficiência de ganho com a composição do ganho dos animais. A equação obtida por Marcondes et al. (2010b) foi:

$$K_g = 0,327/[0,539 + (\%ER_p/100)]$$

Observa-se que o modelo proposto pelos autores é mais simples que o anterior, no entanto, para se ter uma aplicação prática dessa equação, deve-se obter uma forma de estimar a ER_p . Tedeschi et al. (2004) e Chizzotti et al. (2008) propuseram modelos exponenciais para estimar a RE_p , sendo as respectivas equações: $RE_p = 0,0554 + 1,6939 \times e^{-0,5573 \times ER/GPCVZ}$, e $RE_p = 10,1 + 166,7 \times e^{-0,660 \times ER/GPCVZ}$.

Marcondes et al. (2010b), porém, não utilizaram o mesmo modelo, uma vez que para qualquer uma das equações acima, ainda haveria retenção na forma de proteína mesmo com ER igual a zero. Dessa forma os autores utilizaram um modelo potencial para descrever a retenção de energia na forma de proteína e obtiveram a seguinte equação:

$$ER_p = 1,140 \times (ER/GPCVZ)^{-1,137}$$

Não houve efeito de classe sexual ou grupo genético sobre a k_g , todavia as equações apresentadas necessitam de um processo de avaliação para que se validem esses resultados. Supondo dois animais, um depositando 20 e outro depositando 60% de energia na forma de proteína, seriam obtidas estimativas de k_g de 0,44 e 0,29, respectivamente, utilizando o modelo proposto por Marcondes et al. (2010b), e estimativas de k_g de 0,67 e 0,47, respectivamente, utilizando o modelo de Chizzotti et al. (2008). Percebe-se que há uma superestimação dos valores da k_g neste último modelo, sendo, portanto, adotado o modelo de Marcondes et al. (2010b) nesta edição do BR-CORTE.

TABELAS DE EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS DE ENERGIA

A partir da determinação das exigências de energia líquida para manutenção e ganho e sua posterior conversão em exigências de energia metabolizável para manutenção e para ganho, pode-se somá-las para obter as exigências de energia metabolizável totais (EM). Nas Tabelas 5 e 6 são apresentados resumos de todas as equações que foram utilizadas para a estimativa dos requerimentos totais de energia para animais zebuínos e cruzados de diferentes classes sexuais, nessa edição do BR-CORTE.

Considerando que a ED é utilizada com uma eficiência média de 82%, pode-se obter ED como $EM/0,82$. Como muitos nutricionistas estão habituados a formular rações com base nas exigências de NDT, os valores de ED foram convertidos em NDT considerando a relação de 4,409 Mcal de ED / kg de NDT (NRC, 2000).

As Tabelas 7, 8 e 9 apresentam, respectivamente, as exigências de energia líquida para ganho, as exigências totais de energia metabolizável e de NDT para animais Nelore de diferentes classes sexuais, enquanto nas Tabelas 10, 11 e 12 são apresentadas os respectivos dados para animais cruzados.

Na Tabela 13 são apresentadas as exigências de energia líquida para ganho e as exigências totais de energia metabolizável e de NDT para animais em sistema de pastejo.

Tabela 5 - Resumo dos modelos de estimativa dos requerimentos nutricionais de animais Nelore puros e cruzados de três condições sexuais em sistema de confinamento

Item	Equações	Unidade
PCVZ	$0,895 \times PVJ$	kg
GPCVZ	Nelore: $0,935 \times GMD$	kg/dia
	Cruzados: $0,966 \times GMD$	
PCVZ _{eq}	Nelore: $(PCVZ/430) \times 440$	kg
	Cruzados: $(PCVZ/455) \times 440$	
EL _m	$0,0742 \times PCVZ^{0,75}$	Mcal/dia
EL _g	Machos inteiros: $0,053 \times PCVZ_{eq}^{0,75} \times GPCVZ^{1,095}$	Mcal/dia
	Machos castrados: $0,064 \times PCVZ_{eq}^{0,75} \times GPCVZ^{1,095}$	
	Fêmeas: $0,072 \times PCVZ_{eq}^{0,75} \times GPCVZ^{1,095}$	
ER _p	$ER_p = 1,140 \times (ER/GPCVZ)^{-1,137}$	%
k _g	$k_g = 0,327/[0,539 + (\%ER_p/100)]$	%
k _m	Nelore: $0,513 + 0,173 \times k_g + 0,100 \times GPCVZ$	%
	Cruzados: $0,513 + 0,173 \times k_g + 0,073 \times GPCVZ$	
EM _m	EL_m/k_m	Mcal/dia
EM _g	EL_g/k_g	Mcal/dia
EM total	$EM_m + EM_g$	Mcal/dia
NDT	$EM\ total/0,82/4,409$	kg/dia

Tabela 6 - Resumo dos modelos de estimativa dos requerimentos nutricionais de animais Nelore puros em sistema de pastejo

Item	Equações	Unidade
PCVZ	$0,863 \times PVJ$	kg
GPCVZ	$0,955 \times GMD$	kg/dia
PCVZ _{eq}	$(PCVZ/430) \times 440$	kg
EL _m	$0,0717 \times PCVZ^{0,75}$	Mcal/dia
EL _g	$0,052 \times PCVZ_{eq}^{0,75} \times GPCVZ^{1,062}$	Mcal/dia
ER _p	$ER_p = 1,140 \times (ER/GPCVZ)^{-1,137}$	%
k _g	$k_g = 0,327/[0,539 + (\%ER_p/100)]$	%
k _m	$k_m = 0,513 + 0,173 \times k_g + 0,100 \times GPCVZ$	%
EM _m	$1,11 \times EL_m/k_m$	Mcal/dia
EM _g	EL_g/k_g	Mcal/dia
EM total	$EM_m + EM_g$	Mcal/dia
NDT	$EM\ total/0,82/4,409$	kg/dia

Dessa forma, supondo um animal Nelore inteiro de 400 kg, ganhando 1 kg/dia em confinamento, têm-se:

- $PCVZ = 0,895 \times PVJ = 0,895 \times 400 = 358$ kg
- $GPCVZ = 0,935 \times GMD = 0,935 \times 1 = 0,935$ kg/dia
- $PCVZ_{eq} = (PCVZ/430) \times 440 = (358/430) \times 440 = 366,33$ kg
- $EL_g = 0,053 \times PCVZ_{eq}^{0,75} \times GPCVZ^{1,095} = 0,053 \times 366,33^{0,75} \times 0,935^{1,095} = 4,12$ Mcal/dia
- $ER_p = 1,140 \times (ER/GPCVZ)^{-1,137} = 1,140 \times (4,12/0,935)^{-1,137} = 0,2112 = 21,12\%$
- $K_g = 0,327/[0,539 + (\%ER_p/100)] = 0,327/[0,539 + (21,12/100)] = 0,44$
- $EM_g = EL_g/k_g = 4,12/0,44 = 9,36$ Mcal/dia
- $EL_m = 74,2 \times PCVZ^{0,75} = 74,2 \times 358^{0,75} = 6106,83$ kcal/dia = 6,11 Mcal/dia
- $K_m = 0,513 + 0,173 \times K_g + 0,100 \times GPCVZ = 0,513 + 0,173 \times 0,44 + 0,100 \times 0,935 = 0,68$
- $EM_m = EL_m/k_m = 6,11/0,68 = 8,99$ Mcal/dia
- $EM = EM_g + EM_m = 9,36 + 8,99 = 18,35$ Mcal/dia
- $ED = EM/0,82 = 18,35/0,82 = 22,38$ Mcal/dia
- $NDT = ED/4,409 = 22,38/4,409 = 5,08$ kg/dia

Para obtenção da concentração requerida de NDT na MS da dieta deve-se dividir a exigência de NDT em kg (5,08 kg/dia) pelo consumo de matéria seca do animal, estimado a partir das equações apresentadas no capítulo 1 desta edição do BR-CORTE.

Tabela 7 - Exigências de energia líquida para ganho de peso, expressas em Mcal/dia, de bovinos Nelore puros 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	0,93	1,15	1,36	1,56	1,75	1,93	2,11
0,75	1,44	1,79	2,11	2,42	2,72	3,01	3,29
1,00	1,98	2,45	2,90	3,32	3,73	4,12	4,50
1,25	2,52	3,13	3,70	4,24	4,76	5,27	5,75
1,50	3,08	3,82	4,52	5,18	5,82	6,43	7,02
Machos Castrados							
0,50	1,12	1,39	1,64	1,88	2,11	2,33	2,55
0,75	1,74	2,16	2,55	2,93	3,29	3,63	3,97
1,00	2,39	2,96	3,50	4,01	4,50	4,98	5,44
1,25	3,05	3,78	4,47	5,12	5,75	6,36	6,95
1,50	3,72	4,62	5,46	6,26	7,02	7,76	8,48
Fêmeas							
0,50	1,26	1,56	1,85	2,12	2,37	2,63	2,87
0,75	1,96	2,43	2,87	3,29	3,70	4,09	4,46
1,00	2,68	3,33	3,94	4,51	5,07	5,60	6,12
1,25	3,43	4,25	5,03	5,76	6,47	7,15	7,81
1,50	4,19	5,19	6,14	7,04	7,90	8,74	9,54

Tabela 8 - Exigências totais (manutenção + ganho de peso) de energia metabolizável (EM), expressas em Mcal/dia de bovinos Nelore puros 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	7,80	9,23	10,60	11,81	13,03	14,19	15,22
0,75	9,23	10,78	12,15	13,62	14,84	16,26	17,59
1,00	10,63	12,23	14,03	15,54	17,00	18,35	19,81
1,25	12,13	13,95	15,62	17,37	19,22	20,59	22,17
1,50	13,46	15,65	17,55	19,46	21,09	22,98	24,74
Machos castrados							
0,50	8,02	9,42	10,91	12,29	13,43	14,73	15,96
0,75	9,55	11,26	12,82	14,26	15,84	17,15	18,56
1,00	11,20	13,01	14,85	16,57	18,12	19,69	21,24
1,25	12,96	14,88	16,77	18,57	20,55	22,44	24,18
1,50	14,40	16,89	18,88	20,97	23,16	24,88	26,68
Fêmeas							
0,50	8,23	9,76	11,21	12,51	13,90	15,15	16,40
0,75	9,81	11,66	13,17	14,93	16,40	17,96	19,25
1,00	11,61	13,67	15,47	17,26	19,02	20,53	22,16
1,25	13,52	15,56	17,83	19,73	21,54	23,51	25,33
1,50	15,10	17,70	20,16	22,38	24,37	26,47	28,48

Tabela 9 - Exigências totais (manutenção + ganho de peso) de nutrientes digestíveis totais (NDT), expressas em kg/dia, de bovinos Nelore puros 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	2,16	2,55	2,93	3,27	3,60	3,92	4,21
0,75	2,55	2,98	3,36	3,77	4,10	4,50	4,87
1,00	2,94	3,38	3,88	4,30	4,70	5,08	5,48
1,25	3,36	3,86	4,32	4,80	5,32	5,70	6,13
1,50	3,72	4,33	4,85	5,38	5,83	6,36	6,84
Machos castrados							
0,50	2,22	2,61	3,02	3,40	3,71	4,07	4,41
0,75	2,64	3,11	3,55	3,94	4,38	4,74	5,13
1,00	3,10	3,60	4,11	4,58	5,01	5,45	5,87
1,25	3,58	4,12	4,64	5,14	5,68	6,21	6,69
1,50	3,98	4,67	5,22	5,80	6,41	6,88	7,38
Fêmeas							
0,50	2,28	2,70	3,10	3,46	3,84	4,19	4,54
0,75	2,71	3,23	3,64	4,13	4,54	4,97	5,32
1,00	3,21	3,78	4,28	4,77	5,26	5,68	6,13
1,25	3,74	4,30	4,93	5,46	5,96	6,50	7,01
1,50	4,18	4,90	5,58	6,19	6,74	7,32	7,88

Tabela 10 - Exigências de energia líquida para ganho de peso, 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	0,92	1,14	1,35	1,55	1,73	1,92	2,09
0,75	1,43	1,78	2,10	2,41	2,71	2,99	3,27
1,00	1,96	2,44	2,88	3,30	3,71	4,10	4,47
1,25	2,51	3,11	3,68	4,22	4,73	5,23	5,71
1,50	3,06	3,80	4,49	5,15	5,78	6,38	6,97
Machos Castrados							
0,50	1,11	1,38	1,63	1,87	2,09	2,32	2,53
0,75	1,73	2,15	2,54	2,91	3,27	3,61	3,95
1,00	2,37	2,94	3,48	3,99	4,47	4,95	5,40
1,25	3,03	3,76	4,44	5,09	5,72	6,32	6,90
1,50	3,69	4,58	5,42	6,21	6,98	7,71	8,42
Fêmeas							
0,50	1,25	1,55	1,83	2,10	2,36	2,60	2,85
0,75	1,95	2,42	2,86	3,27	3,68	4,06	4,44
1,00	2,67	3,31	3,91	4,48	5,03	5,56	6,08
1,25	3,41	4,23	5,00	5,73	6,43	7,11	7,76
1,50	4,16	5,16	6,10	6,99	7,85	8,67	9,47

Tabela 11 - Exigências totais (manutenção + ganho de peso) de energia metabolizável (EM), 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	9,30	10,68	11,91	13,12	14,42	15,62
0,75	9,34	11,09	12,49	13,99	15,24	16,50	17,85
1,00	10,90	12,64	14,18	15,82	17,19	18,79	20,27
1,25	12,28	14,39	16,08	17,89	19,50	21,15	22,50
1,50	13,93	15,90	18,13	20,01	21,76	23,36	25,02
Machos castrados							
0,50	8,16	9,68	11,00	12,39	13,76	14,86	16,09
0,75	9,82	11,42	13,05	14,62	16,06	17,57	18,85
1,00	11,55	13,32	15,09	16,73	18,52	20,02	21,60
1,25	13,10	15,31	17,23	19,08	20,83	22,73	24,49
1,50	14,85	17,00	19,44	21,57	23,40	25,49	27,44
Fêmeas							
0,50	8,37	9,82	11,38	12,82	14,00	15,35	16,65
0,75	10,07	11,97	13,51	15,12	16,81	18,04	19,51
1,00	11,93	13,86	15,81	17,63	19,29	21,09	22,63
1,25	13,59	16,00	17,94	19,97	22,10	24,12	25,98
1,50	15,55	18,16	20,41	22,56	24,96	26,79	28,86

Tabela 12 - 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
0,75	2,58	3,07	3,45	3,87	4,22	4,56	4,94
1,00	3,01	3,50	3,92	4,38	4,75	5,20	5,61
1,25	3,40	3,98	4,45	4,95	5,39	5,85	6,22
1,50	3,85	4,40	5,01	5,53	6,02	6,46	6,92
Machos castrados							
0,50	2,26	2,68	3,04	3,43	3,81	4,11	4,45
0,75	2,72	3,16	3,61	4,04	4,44	4,86	5,21
1,00	3,19	3,68	4,17	4,63	5,12	5,54	5,97
1,25	3,62	4,23	4,77	5,28	5,76	6,29	6,77
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
0,75	2,79	3,31	3,74	4,18	4,65	4,99	5,40
1,00	3,30	3,83	4,37	4,88	5,34	5,83	6,26
1,25	3,76	4,43	4,96	5,52	6,11	6,67	7,19
1,50	4,30	5,02	5,65	6,24	6,90	7,41	7,98

Tabela 13 - Exigências de energia líquida para ganho, 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 Líquida (Mcal/dia)						
0,50	0,93	1,15	1,36	1,56	1,75	1,93	2,11
0,75	1,42	1,77	2,09	2,40	2,69	2,97	3,25
1,00	1,93	2,40	2,84	3,25	3,65	4,03	4,41
1,25	2,45	3,04	3,59	4,12	4,63	5,11	5,59
1,50	2,97	3,69	4,36	5,00	5,61	6,21	6,78
	Energia Metabolizável (Mcal/dia)						
0,50	8,03	9,49	10,86	12,16	13,41	14,61	15,78
0,75	9,41	11,00	12,50	13,93	15,31	16,63	17,92
1,00	10,82	12,56	14,20	15,76	17,26	18,72	20,13
1,25	12,26	14,14	15,93	17,63	19,27	20,85	22,39
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
0,75	2,60	3,04	3,46	3,85	4,23	4,60	4,96
1,00	2,99	3,47	3,93	4,36	4,78	5,18	5,57
1,25	3,39	3,91	4,40	4,88	5,33	5,77	6,19
1,50	3,79	4,36	4,89	5,40	5,89	6,37	6,83

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGRICULTURAL RESEARCH COUNCIL – ARC. **The nutrient requirements of farm livestock. No 2 Ruminants**. London: Commonwealth Agricultural Bureaux, 1965. 264p.
- AGRICULTURAL RESEARCH COUNCIL – ARC. **The nutrient requirements of ruminant livestock**. London: Commonwealth Agricultural Bureaux, 1980. 351p.
- AGRICULTURAL AND FOOD RESEARCH COUNCIL – AFRC. Technical committee on responses to nutrients. Report 9. Nutritive requirements of ruminant animals: protein. **Nutrition Abstract Reviews**, v.62, n.12, p.787-835, 1993.
- ALBIN, R. C.; ZINN, D. W.; CURL, S. E., et al. Growth and fattening of the bovine. III. Effect of energy intake upon carcass composition. **Journal of Animal Science**, v.26, p.209 (Abstr.), 1967.
- ARNOLD, R. N.; BENNETT, G. L. Evaluation of four simulation models of cattle growth and body composition: Part I - Comparison and characterization of the models. **Agricultural Systems**, v.35, p.401-432, 1991a.
- ARNOLD, R. N.; BENNETT, G. L. Evaluation of four simulation models of cattle growth and body composition: Part II - Simulation and comparison with experimental growth data. **Agricultural Systems**, v.36, p.17-41, 1991b.
- BACKES, A. A.; PAULINO, M. F.; ALVES, D. D., et al. Composição corporal e exigência energética e protéica de bovinos mestiços leiteiros e zebu, castrados, em regime de recria e engorda. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.1, p.257-267, 2005.

- BERG, R. T.; BUTTERFIELD, R. M. **New Concepts of Cattle Growth**. Sidney:Macarthur Press, 1976. 255p.
- BLAXTER, K. L.; ROOK, J. A. F. The heat of combustion of the tissues of cattle in relation to their chemical composition. **British Journal of Nutrition**, v.7, p.83-91, 1953.
- BOIN, C. Alguns dados sobre exigências de energia e de proteína de zebuínos. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS DE RUMINANTES, 1., 1995, Viçosa. **Anais...** Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1995. p.457-466.
- BROWN, J. E.; FITZHUGH, H. A., JR.; CARTWRIGHT, T. C. A comparison of nonlinear models for describing weight-age relationships in cattle. **Journal of Animal Science**, v.42, n.4, p.810-818, 1976.
- CHIZZOTTI, M. L.; TEDESCHI, L. O.; VALADARES FILHO, S. C. A meta-analysis of energy and protein requirements for maintenance and growth of Nellore cattle. **Journal of Animal Science**, v.86, p.1588-1597, 2008.
- CHIZZOTTI, M. L.; VALADARES FILHO, S. C.; TEDESCHI, L. O., et al. Energy and protein requirements for growth and maintenance of F1 Nellore x Red Angus bulls, steers, and heifers. **Journal of Animal Science**, v.85, p.1971-1981, 2007.
- COLEMAN, S. W.; EVANS, B. C.; GUENTHER, J. J. Body and carcass composition of Angus and Charolais steers as affected by age and nutrition. **Journal of Animal Science**, v.71, n.1, p.86-95, 1993.
- COMMONWEALTH SCIENTIFIC AND INDUSTRIAL RESEARCH ORGANIZATION – CSIRO. **Nutrient requirements of domesticated ruminants**. Collingwood.2007. 270p.
- COMMONWEALTH SCIENTIFIC AND INDUSTRIAL RESEARCH ORGANIZATION – CSIRO. **Feeding Standards for Australian Livestock. Ruminants**. Melbourne.1990. 266p.
- FERREIRA, M. A.; VALADARES FILHO, S. C.; MARCONDES, M. I., et al. Avaliação de indicadores em estudos com ruminantes: digestibilidade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.8, p.1568-1573, 2009.
- FERREIRA, M. A.; VALADARES FILHO, S. C.; SILVA, J. F. C., et al. Composição corporal e exigência líquidas de proteína e energia para ganho de peso de bovinos F₁ Simental x Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.28, n.2, p.352-360, 1998.
- FERRELL, C. L.; JENKINS, T. G. Energy utilization by Hereford and Simmental males and females. **Animal Production**, v.41, p.53-61, 1985.
- FERRELL, C.L., OLTJEN, J.W. ASAS Centennial Paper: Net energy systems for beef cattle- Concepts, application, and future models. **Journal of Animal Science**. v.86, n.10, p.2779-2794, 2008.
- GALVÃO, J. G.; FONTES, C. A. A.; PIRES, C. C., et al. Características e composição física da carcaça de bovinos não-castrados, abatidos em três estágios de maturidade (Estudo II) de três grupos raciais). **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v.20, n.5, p.502-512, 1991.
- GARRETT, W. N. Energy utilization by growing cattle as determined in 72 comparative slaughter experiments. In: Proceedings of Energy Metabolism, Cambridge. **Anais...** Cambridge:Butterworths & Co., p.3-7. 1980.
- GARRETT, W. N., **The comparative energy requirements of sheep and cattle for maintenance and gain**. 1958. 121p.PhD Thesis (PhD) - University of California, Davis, CA, 1958.
- GIONBELLI, M. P., **Desempenho produtivo e exigências nutricionais de fêmeas Nelore em crescimento**. 2010 (no prelo). 101p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2010.
- GUENTHER, J. J.; BUSHMAN, D. H.; POPE, L. S.; MORRISON, R. D.. Growth and development of the major carcass tissues in beef calves from weaning to slaughter weight, with reference to the effect of plane of nutrition. **Journal of Animal Science**. v. 24, n.4, p.1184-1191, 1965.

- HARPER, M.; ANTONIOU, A.; BEILACQUA, L.; BEZAIRE, V.; MONEMDJOU, S. Cellular energy expenditure and the importance of uncoupling. **Journal of Animal Science**, v. 80, supplement 2, E90-E97, 2002.
- HENRICKSON, R. L., L. S. POPE, R. F. HENDRICKSON. Effect of rate of gain of fattening beef calves on carcass composition. **Journal of Animal Science**. v. 24, n.2, p. 507-513, 1965.
- L'INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE – INRA. **Alimentation des Ruminants**. INRA Publications. Versailles.: 1978. 232p.
- L'INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE – INRA. **Alimentation des bovines, ovins et caprins**. Éditions Quae. Versailles.: 2007. 307p.
- JOHNSON, D. E.; LARSON, E. M.; JAROSZ, M. J. Extrapolating from ME to NE: unintended consequences. In: Proceedings of Energy Metabolism of Farm Animals, 14, 1997, Newcastle. **Anais...** Newcastle: CAB International, 1977. p.383-386.
- JORGE, A. M.; FONTES, C. A. A.; FREITAS, J. A., et al. Ganho de peso e de carcaça, consumo e conversão alimentar de bovinos e bubalinos abatidos em dois estádios de maturidade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.26, n.4, p.806-812, 1997.
- KIELANOWSKI, J. 1965. **Estimates of the energy cost of protein deposition in growing animals**. Pages 13–20 in Proc. 3rd Symp. Energy Metabolism. K. L. Blaxter, ed. Academic Press, London, U.K.
- LEONEL, F.P.; PEREIRA, J.C.; VIEIRA, R.A.M.; et. al. Exigências nutricionais em macronutrientes minerais (Ca, P, Mg, Na e K) para novilhos de diferentes grupos genéticos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.2, p.584-590, 2006.
- LOBLEY, G. E.; SINCLAIR, K. D.; GRANT, C. M., et al. The effects of breed and level of nutrition on whole-body and muscle protein metabolism in pure-bred Aberdeen Angus and Charolais beef steers. **British Journal of Nutrition**, v.84, n.3, p.275-284, 2000.
- 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**, v.27, n.3, p.793-806, 1968.
- MACHADO, P. A. S. **Desempenho produtivo e exigências nutricionais de bovinos de corte em pastagem de *Brachiaria decumbens*, suplementados no período de transição águas-seca**. 2009. 73p. Tese (Doutor em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, 2009.
- MAPA/AGE - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - Assessoria de Gestão Estratégica. **Projeções do agronegócio - Brasil 2008/09 a 2018/19**. Disponível on line : <http://www.agricultura.gov.br>. Acesso em 22 de janeiro de 2010. 2009, 39 p.
- MARCONDES, M. I.; VALADARES FILHO, S. C.; PAULINO, M. F., et al. Requerimentos de energia de animais Nelore puros e cruzados com as raças Angus e Simental. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 2010a (aprovado).
- MARCONDES, M. I.; TEDESCHI, L. O.; VALADARES FILHO, S. C. Prediction of partial efficiency of use of metabolizable energy to net energy for gain. In: Southern Section of American Society of Animal Science, 2010, Orlando, FL. **Anais**. Orlando, FL: American Society of Animal Science, 2010b. p.28.
- MARCONDES, M. I.; VALADARES FILHO, S. C.; PAULINO, P. V. R., et al. Exigências nutricionais de proteína, energia e macrominerais de bovinos Nelore de três classes sexuais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.8, p.1587-1596, 2009.
- MARTINS, R. G. R. **Exigências de energia, proteína e macroelementos minerais (Ca, P, Na, K, Mg) de bovinos Nelore e mestiços, não castrados, em confinamento**. 2003. 78p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2003.
- MENCHACA, M. A.; CHASE, C. C.; OLSON, T. A.; et al. Evaluation of growth curves of Brahman cattle of various frame sizes. **Journal of Animal Science**, v.74, n.9, p.2140-2151, 1996.

- NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. **Nutrient requirements of beef cattle**. 7.ed. Washington, D.C. National Academy, 242p. 1996.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of beef cattle**. 7 rev. ed. National Academy Press, Washington, D.C.: 2000. 242p.
- OLTJEN, J. W.; BYWATER, A. C.; BALDWIN, R. L., et al. Development of a dynamic model of beef cattle growth and composition. **Journal of Animal Science**, v.62, p.86-97, 1986.
- OWENS, F.N; GOETSCH, A. L. Ruminal fermentation. In: CHURCH, D.C. **The Ruminant Animal Digestive Physiology and Nutrition**. p. 145-171, 1995
- PAIXÃO, M. L., **Desempenho produtivo e exigências nutricionais de bovinos de corte em pastagens de *Brachiaria decumbens*, com suplementação protéica**. 2008. 110p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, 2008.
- PAULINO, M. F.; FONTES, C. A. A.; JORGE, A. M., et al. Exigências de energia para manutenção de bovinos zebuínos não-castrados em confinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.28, n.3, p.621-626, 1999.
- PAULINO, P. V. R.; COSTA, M. A. L.; VALADARES FILHO, S. C., et al. Exigências nutricionais de zebuínos: energia. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.3, p.781-791, 2004.
- PAULINO, P. V. R.; VALADARES FILHO, S. C.; DETMANN, E., et al. Deposição de tecidos e componentes químicos corporais em bovinos Nelore de diferentes classes sexuais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.12, p.2516-2524, 2009.
- POCZOPKO, P. Metabolic levels in adult homeotherms. **Acta Theriologica**, v.16, n.1, p.1-21, 1971.
- PORTO, M. O., **Suplementos múltiplos para bovinos de corte nas fases de cria, recria e terminação em pastagens de *Brachiaria decumbens***. 2009. 140p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, 2009.
- PRESTON, R.L. Feed composition tables. **Beef Magazine**, v.42, n.7, p.50-67, 2006.
- PUTRINO, S. M.; LEME, P. R.; SILVA, S. L., et al. Exigências líquidas de proteína e energia para ganho de peso de tourinhos Brangus e Nelore alimentados com dietas contendo diferentes proporções de concentrado. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.1, p.292-300, 2006.
- REID, J. T.; WELLINGTON, G. H.; DUNN, H. O. Some relationships among the major chemical components of the bovine body and their application to nutritional investigations. **Journal of Dairy Science**, v.38, n.12, p.1344-1359, 1955.
- RESTLE, J.; VAZ, F. N.; QUADROS, A. R. B., et al. Carcass and meat characteristics from steers of different of Hereford x Nelore genotypes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.28, n.6, p.1245-1251, 1999.
- RIPAMONTE, P. **Estimativa da participação do genoma de *Bos taurus* no rebanho Nelore**. Pirassununga. Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, 2002. 57p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade de São Paulo, Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, 2002.
- SAINZ, R.D.; BARIONI, L.G.; PAULINO, P.V.R. et al. Growth patterns of Nelore vs. British beef cattle breeds assessed using a dynamic, mechanistic model of cattle growth and composition. In: KEBREAB, E.; DIJKSTRA, J.; BANNINK, A.; GERRITS, W.J.J.; FRANCE, J. (Eds.) **Nutrient digestion and utilization in farm animals: modeling approaches**. Cabi Publishing, 480p., 2006.
- SALES, M. F. L.; PAULINO, M. F.; VALADARES FILHO, S. C., et al. Composição corporal e requisitos energéticos de bovinos de corte sob suplementação em pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.7, p.1355-1362, 2009.
- SANDERS, J. O.; CARTWRIGHT, T. C. A general cattle production systems model. I: Structure of the model. **Agricultural Systems**, v.3, p.217-227, 1979a.

- SANDERS, J. O.; CARTWRIGHT, T. C. A general cattle production systems model. Part 2 - Procedures used for simulating animal performance. **Agricultural Systems**, v.4, p.289-309, 1979b.
- SHACKELFORD, S. D.; KOOHMARAIE, M.; MILLER, M. F., et al. An evaluation of tenderness of the longissimus muscle of Angus by Hereford versus Brahman crossbred heifers. **Journal of Animal Science**, v.69, n.1, p.171-177, 1991.
- SILVA, F. F.; VALADARES FILHO, S. C.; ÍTAVO, L. C. V., et al. Composição corporal e requisitos energético e protéicos de bovinos Nelore, não-castrados, alimentados com rações contendo diferentes níveis de concentrado e proteína. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.1, p.503-513, 2002S.
- SILVA, R.G. **Introdução à bioclimatologia animal**. São Paulo: Nobel, 2000. 286p.
- SOUZA, E. J. O.; VALADARES FILHO, S. C.; MARCONDES, M. I. Desempenho, características de carcaça, composição corporal e exigências nutricionais de bovinos de corte a pasto, alimentados com diferentes quantidades de suplemento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 2010 (aprovado).
- TAYLOR, S. C. S. Live-weight growth for embryo to adult in domesticated mammals. **Animal Production**, v.31, p.223-235, 1980.
- 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**, v.79, p.171-204, 2004.
- TEDESCHI, L.O.; NARDON, R.F.; LEME, P.R.; BOIN, C.. Effects of dry season and year-round supplementation on breeding performance of grazing Guzera cattle and their crossbreds. **Boletim de Indústria Animal**, v.59, p.185-195, 2002.
- VALADARES FILHO, S. C.; PAULINO, P. V. R.; MAGALHÃES, K. A. **Exigências nutricionais de zebuínos e tabelas de composição de alimentos - BR CORTE**. 1.ed. Viçosa, MG:Suprema Grafica Ltda, 2006. 142p.
- VELOSO, C. M.; VALADARES FILHO, S. C.; GESUALDI JR., A., et al. Composição corporal e exigências energéticas e protéicas de bovinos F₁ Limousin x Nelore, não-castrados, alimentados com rações contendo diferentes níveis de concentrado. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.3, p.1273-1285, 2002.
- VÉRAS, A. S. C.; VALADARES FILHO, S. C.; SILVA, J. F. C., et al. Predição da composição corporal e 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**, v.30, n.3, p.1127-1134, 2001S.
- WAGNER, R. P. The role of maternal effects in animal breeding: II. Mitochondria and animal inheritance. **Journal of Animal Science**, v. 35, p.1280-1287, 1972
- WEBSTER, A. J. F.; AHMED, A. A. M.; FRAPPELL, J. P. A note of growth rates and maturation rates in beef bulls. **Animal Production**, v.35, n.2, p.281-286, 1982.
- WHIPPLE, G.; KOOHMARAIE, M.; DIKEMAN, M. E., et al. Evaluation of attributes that affect longissimus muscle tenderness in *Bos taurus* and *Bos indicus* cattle. **Journal of Animal Science**, v.68, n.9, p.2716-2728, 1990.
- WILLIAMS, C. B.; JENKINS, T. G. A dynamic model of metabolizable energy utilization in growing and mature cattle. III. Model evaluation. **Journal of Animal Science**, v.81, p.1390-1398, 2003.

