

JOSÉ ANTÔNIO DE FREITAS

EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS DE ENERGIA E PROTEÍNA E EFICIÊNCIA LÍQUIDA  
DE UTILIZAÇÃO DA ENERGIA METABOLIZÁVEL PARA BOVINOS DE  
DIFERENTES GRUPOS GENÉTICOS, EM CONFINAMENTO

Tese apresentada à Universidade  
Federal de Viçosa, como parte das  
exigências do Programa de Pós-  
Graduação em Zootecnia, para a  
obtenção do título de Doctor Scientiae.

VIÇOSA  
MINAS GERAIS – BRASIL  
2004

JOSÉ ANTÔNIO DE FREITAS

EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS DE ENERGIA E PROTEÍNA E EFICIÊNCIA LÍQUIDA  
DE UTILIZAÇÃO DA ENERGIA METABOLIZÁVEL PARA BOVINOS DE  
DIFERENTES GRUPOS GENÉTICOS, EM CONFINAMENTO.

Tese apresentada à Universidade  
Federal de Viçosa, como parte das  
exigências do Programa de Pós-  
Graduação em Zootecnia, para a  
obtenção do título de Doctor Scientiae

APROVADA: 25 de junho de 2004.

---

Prof. Rogério de Paula Lana  
(Conselheiro)

---

Prof. Ricardo A. M. Vieira  
(Conselheiro)

---

Prof. Alecssandro Regal Dutra

---

Prof. José Carlos Pereira

---

Prof. Augusto César de Queiroz  
(Orientador)

À Deus por todas as minhas conquistas,

Aos meus pais, Helvécios e Alice, pelo amor e esforço incondicional que dedicaram à minha formação como homem e profissional.

Aos meus irmãos Luís Carlos, Mauro, Adriana e Ana Alice pela solidariedade, amizade e pela pacífica convivência.

À Minha amada esposa Vilma, que soube como me trazer paz, amor e por me fazer sorrir mesmo nos momentos de extrema tensão, cansaço e ansiedade que passei na minha batalha diária em busca de uma ideal que juntos conquistamos.

Aos meus filhos Arthur e Filipe, que são a razão da minha existência, pelo amor, carinho, atenção e inspiração além dos inúmeros momentos felizes por eles proporcionados e que jamais serão esquecidos.

Dedico.

## AGRADECIMENTOS

Este estudo só foi concluído devido ao somatório de esforços envolvendo pessoas, instituições públicas e de iniciativa privada os quais, gostaria de prestar meus sinceros agradecimentos além de expressar imensa gratidão a todos os envolvidos nesta jornada que se encerra com a publicação de minha tese de Doutorado. Porém, os conhecimentos e a experiência profissional adquirida durante o meu período de aperfeiçoamento foram e serão de grande utilidade tanto na minha vida profissional como na vida pessoal.

Inicialmente agradeço à Deus pela energia necessária ao funcionamento de cada célula e que, é imprescindível ao processo que dá continuidade às nossas vidas.

À Universidade Federal do Paraná (UFPR) pela oportunidade concedida ao meu aperfeiçoamento, à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela bolsa de estudo e ao Sr. Ernani José de Paula como representante do Instituto MELON de Estudos e Pesquisas onde foram desenvolvidas toda a parte experimental e de processamento das amostras utilizadas na tese e à Universidade Federal de Viçosa a qual é a responsável pelo meu aperfeiçoamento.

Ao meu Orientador, o Prof. Augusto César de Queiroz por confiar no meu trabalho e pela sua contribuição como orientador e pela sua amizade fraterna.

Agradeço também ao Prof. Alecssandro Regal Dutra que contribuiu fornecendo dados essenciais à elaboração deste estudo e aos amigos Ricardo Augusto Mendonça Vieira e Rogério de Paula Lana pela valiosa contribuição no desenvolver do estudo além da agradável convivência, amizade e atenção dispensada.

Aos amigos Fernando de Paula Leonel, Adhemar Ventura de Lima e Douglas Sampaio Henrique pela amizade, pelos momentos de descontração e felicidade e pelas sugestões e valiosa contribuição na realização deste trabalho.

À Celeste pela competência, pela colaboração e atenção dispensada.

Aos amigos Júlio César de Souza, Ivo Walter dos Santos, André Magalhães, Acyr Freitas, Fernanda Cipriano, Rodolfo Torres, Carla, Dorismar David Alves, Anderson Assis, Antônio Gesualdi, Ana Cristina, Alberto Magno Fernandes, Adriano Rangel, pela consideração, respeito e confiança depositados em minha pessoa.

Aos amigos e irmãos Germano de Paula, Edson Vander Jorge e José de Oliveira Pinto, que sempre me apoiaram nas principais decisões da vida pessoal e profissional.

## **BIOGRAFIA**

JOSÉ ANTÔNIO DE FREITAS, filho de Helvécio de Freitas e Alice Rodrigues de Freitas, nasceu em Viçosa, Minas Gerais em 16 de março de 1966.

Em Fevereiro de 1986 iniciou o curso de graduação em Zootecnia na Universidade Federal de Viçosa, graduando-se em Novembro de 1991.

Em Novembro de 1991 iniciou o curso de mestrado em Zootecnia pela Universidade Federal de Viçosa, obtendo o título de Mestre em Zootecnia em junho de 1994. Durante o período de junho de 1993 a março de 1994 exerceu a atividade de professor substituto de química no Colégio Universitário da UFV (COLUNI).

De abril de 1994 a junho de 1995 atuou na área de assistência técnica e vendas de produtos veterinários, na empresa MINERTHAL.

De Julho de 1995 a abril de 1998 exerceu atividades na Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes, RJ, atuando nas áreas de auxílio à pesquisa, ensino técnico e superior.

Em abril de 1998 foi aprovado em concurso público para o cargo de professor na área de bovinocultura de leite e corte na Universidade Federal do Paraná, UFPR. – Palotina, PR. Em Abril de 2001 iniciou o curso de Doutorado em Zootecnia na Universidade Federal de Viçosa, Viços, MG na área de nutrição de ruminantes, defendendo tese em 25 de junho de 2004.

## CONTEÚDO

<i>RESUMO</i> .....	vii
<i>ABSTRACT</i> .....	ix
<i>Referências Bibliográficas</i> .....	7
<i>Composição Corporal e Exigências de Energia de Manutenção em Bovinos de Quatro Grupos Genéticos</i> .....	10
<i>Introdução</i> .....	12
<i>Material e Métodos</i> .....	16
<i>Resultados e Discussão</i> .....	22
<i>Conclusões</i> .....	29
<i>Referências Bibliográficas</i> .....	30
<i>Composição do Ganho e Exigências de Energia e Proteína Para Ganho de Peso em Bovinos de Quatro Grupos Genéticos</i> .....	34
<i>Gain Composition and Net energy and Protein Requirements for Weight Gain of Bovines from four Genetic Groups</i> .....	35
<i>Introdução</i> .....	36
<i>Material e Métodos</i> .....	40
<i>Resultados e Discussão</i> .....	46
<i>Conclusões</i> .....	53
<i>Referências Bibliográficas</i> .....	54
<i>Eficiência Líquida de Utilização da Energia Metabolizável em Bovinos de Quatro Grupos Genéticos</i> .....	57
<i>Net Efficiency of Metabolizable Energy Utilization in Bovines From four Genetic Groups</i> .....	58
<i>Introdução</i> .....	59
<i>Material e Métodos</i> .....	63
<i>Resultados e Discussão</i> .....	69
<i>Conclusões</i> .....	76
<i>Referências Bibliográficas</i> .....	77
<i>Apêndice</i> .....	80

## RESUMO

FREITAS, José Antônio de, D.S., Universidade Federal de Viçosa, junho de 2004.  
**Exigências nutricionais de energia e proteína e eficiência líquida de utilização da energia metabolizável para bovinos de diferentes grupos genéticos, em confinamento.** Orientador: Augusto César de Queiroz. Conselheiros: Rogério de Paula Lana e Ricardo Augusto Mendonça Vieira.

Objetivou-se com esse estudo estimar a composição corporal de gordura, proteína e energia, as exigências líquidas de energia de manutenção e as eficiências de utilização da energia metabolizável para manutenção ( $K_m$ ) e para ganho de peso ( $K_g$ ) de bovinos de quatro grupos genéticos recebendo quatro níveis de concentrado na ração. Foram utilizadas quatro rações com diferentes relações volumoso:concentrado (30:70; 40:60; 60:40 e 70:30). As percentagens de proteína bruta (PB) e de nutrientes digestíveis totais (NDT) das rações foram de 14,3 e 60,1; 14,7 e 63,0; 14,6 e 68,8; 14,3 e 71,6%, respectivamente. Foram utilizados 72 machos inteiros de quatro grupos genéticos, com idade inicial de 10 e 11 meses e peso vivo médio inicial de 309,5 kg. Doze animais foram abatidos para a determinação da composição química corporal inicial e o mesmo número de animais foram alocados no grupo de alimentação restrita e o restante dos animais foram distribuídos de modo que para cada nível de concentrado eram utilizados doze animais. As exigências líquidas de energia para manutenção foram obtidas pela regressão da produção de calor ( $Kcal/kg^{0,75}/dia$ ) em função do consumo de energia metabolizável, CEM, ( $Mcal/kg^{0,75}/dia$ )

e extrapolando-se para o nível zero de ingestão de energia metabolizável. As exigências de proteína e energia, para ganho de 1 kg de peso de corpo vazio (PCV), foram estimadas a partir da derivada da equação de predição do conteúdo de proteína e energia, respectivamente. A eficiência de utilização da EM para manutenção ( $K_m$ ) foi estimada pela relação entre a produção de calor em jejum e o consumo de energia metabolizável de manutenção ( $CEM_m$ ). A eficiência de utilização da EM para ganho de peso ( $K_g$ ) foi estimada pela regressão entre a energia retida ( $Kcal/kg^{0,75}$ ) e o CEM para ganho. As exigências de EM para manutenção e ganho de peso foram obtidas dividindo-se as exigências de energia líquida de manutenção e ganho de peso pelo valor de  $K_m$  e  $K_g$ , respectivamente. Não houve diferenças entre grupos genéticos para a exigência de energia líquida de manutenção, sendo esta estimada em 79 kcal/kg<sup>0,75</sup>/dia. As exigências de energia e proteína para ganho de peso não diferiram entre grupos genéticos. Para um bovino de 450 kg, as exigências líquidas de proteína e energia para ganho de 1 kg de PCV foram estimadas em 143,5g e 4,7 Mcal/dia, respectivamente. Não foi verificada diferença significativa para  $K_m$  e  $K_g$  em função dos grupos genéticos e do nível de concentrado na ração. O valor obtido para  $K_m$  e  $K_g$  foram de 0,67 e 0,40, respectivamente. As exigências de EM para ganho de peso por unidade de PCV decresceram com a elevação do PCV indicando uma maior eficiência líquida de utilização da energia metabolizável com a elevação do peso dos animais. Para um bovino de 400 kg de peso vivo as exigências de EM e de NDT, para ganho de 1 kg PCV, foram estimadas em 21,07 Mcal/dia e 4,79 kg, respectivamente.

## ABSTRACT

FREITAS, José Antônio de, D.S., Universidade Federal de Viçosa, June 2004.  
**Nutritional requirements of energy and protein and net efficiency of utilization of metabolizable energy of bovines of different genetic groups, in feedlot.** Adviser: Augusto César de Queiroz. Committee Members: Rogério de Paula Lana and Ricardo Augusto Mendonça Vieira.

The objectives of this work were to estimate the body composition of fat, protein and energy, the net energy requirements of maintenance and efficiency of metabolizable energy utilization for maintenance ( $K_m$ ) and weight gain ( $K_g$ ) of bovines from four genetic groups fed four concentrate levels in the ration. Four rations with forage to: concentrate ratio (30:70; 40:60; 60:40 and 70:30) were used. The rations contained 14.3 and 60.1; 14.7 and 63.0; 14.6 and 68.8; 14.3 and 71.6% of crude protein and TDN, respectively. Seventy-two young bulls from four genetic groups, with initial age of 10 and 11 months and initial average weight of 309.5 kg were used. Twelve animals were slaughtered for the determination of the initial body composition and the same number of animals was allocated in the restricted feeding group. Forty eight animals were uniformly distributed within the four levels of concentrate in the ration. The net energy requirements of maintenance were obtained by the regression of the heat production ( $Kcal/kg^{0.75}/day$ ) against the metabolizable energy intake, MEI, ( $Mcal/kg^{0.75}/day$ ) and extrapolated to zero level of MEI. Net protein and energy for 1 kg of empty body weight gain (EBW) were obtained from derivation of prediction equation of protein and energy content, respectively.

Efficiency of ME utilization for maintenance ( $K_m$ ) was estimated by the relation between fasting heat production ( $\text{Kcal/kg}^{0.75}/\text{day}$ ) against the MEI ( $\text{Kcal/kg}^{0.75}/\text{day}$ ). The efficiency of ME utilization for weight gain ( $K_g$ ) was obtained by regression of retained energy ( $\text{Kcal/kg}^{0.75}$ ) against the metabolizable energy intake for gain MEI for weight gain. Metabolizable energy for maintenance and weight gain was obtained by the coefficient between the net energy for maintenance and weight gain by the respective values of  $K_m$  and  $K_g$ . There were no difference among genetic groups for net energy requirements of maintenance, and it was estimated in  $79 \text{ kcal/kg}^{0.75}/\text{day}$ . The net protein and energy requirements for a bovine of 450 kg and 1 kg of EBW gain were estimated in 143.5g e 4.7 Mcal/day, respectively. The  $K_m$  and  $K_g$  values did not differ between genetic groups neither between concentrate levels of the rations. The values obtained for  $K_m$  and  $K_g$  were 0.67 and 0.40, respectively. The metabolizable energy requirements for weight gain per unit of EBW decreased with the increasing of EBW indicating a great net efficiency of metabolizable energy utilization as the live weight of the animals increased. For bovines of 450 kg LW the ME and TDN requirements, for 1 kg EBW gain were estimated in 21.07 Mcal/day and 4.79 kg, respectively.

## **Introdução Geral**

Após o nascimento o animal inicia um processo de desenvolvimento seguindo uma curva sigmóide até atingir o tamanho adulto que é geneticamente determinado. Esta curva pode ser dividida em duas fases de comportamentos bastante distintos. A primeira fase, compreendida do nascimento à maturidade sexual, apresenta inclinação crescente até o ponto correspondente à puberdade. Esta fase é caracterizada pela elevada velocidade de crescimento corporal predominando o acúmulo de tecido muscular. Na primeira fase o crescimento é acelerado e rápido, à custa do desenvolvimento do tecido ósseo e muscular, ativados pela liberação de hormônios protéicos de crescimento. Por ocasião da puberdade os esteróides substituem os hormônios protéicos e intensifica-se a deposição do tecido adiposo, diminuindo a intensidade do crescimento. Deste modo, grande parte da composição do ganho nesta fase corresponde à deposição de tecido adiposo.

Segundo Reid et al. (1980), o grau de deposição de gordura corporal também é influenciado pela condição sexual dos animais sendo que fêmeas tendem a depositar maiores quantidades de gordura e menores quantidades de proteína corporal com o aumento do peso e da idade quando comparadas à machos inteiros.

A raça do animal constitui outro fator que pode influenciar na deposição corporal de proteína e gordura. De acordo com Geay, (1984) animais de maturidade precoce em fase de pleno crescimento muscular retém apenas 12 a 15 % da energia na forma de proteína, por outro lado bovinos que apresentam maturidade tardia na mesma fase considerada, retém de 35 a 45 % da energia na forma de proteína.

A composição corporal e do ganho de peso dos animais pode apresentar grandes influências na estimativa das exigências de energia e proteína. Assumindo-se que a

composição corporal e do ganho pode variar amplamente ao longo da vida do animal e que o tecido adiposo é relativamente inativo, comparado a outros tecidos, então a massa de proteína corporal tem sido, segundo Jessop (2000) o melhor determinante das exigências energéticas de manutenção. Segundo o autor as exigências de energia de manutenção à nível celular podem ser subdivididas, como percentagem da taxa metabólica basal (TMB), em vários componentes sendo que o mais importante estaria associado ao transporte de íons através da membrana, que pode representar de 30 a 40% da taxa metabólica basal.

As exigências de energia e de proteína podem ser divididas em exigências de manutenção e de ganho de peso. Para bovinos de corte na fase de crescimento, as exigências de energia de manutenção podem ser responsáveis por mais de 40 % das exigências totais de energia metabolizável (NRC, 1996). Segundo Jessop (2000) a energia utilizada para manutenção envolve os gastos com a manutenção da homeotermia, pressão sanguínea, tônus muscular, atividade cardíaca, transmissão de impulsos nervosos, transporte de íons através da membrana, ingestão de alimentos, locomoção, etc. O excedente de energia ingerida acima das necessidades de manutenção o qual é utilizado para a síntese de tecidos corporais como proteína corresponde às exigências de energia líquida para ganho.

As exigências de energia de manutenção podem ser influenciadas por diversos fatores como raça, condição sexual, idade do animal e ambiente (Noller e Moe, 1995) e estágio fisiológico do animal, (NRC, 1996) e tamanho dos órgãos internos (Ferrell et al., 1976).

Segundo Taylor et al. (1991), as diferenças nas exigências de energia de manutenção entre raças, não se deve à mudanças nas proporções de tecidos metabolicamente ativos, indicando que podem haver variações na eficiência metabólica. Desse modo, a

identificação de hormônios e rações com nutrientes que possuam influência direta sobre a eficiência metabólica faz-se necessária para o entendimento de tais variações.

As exigências de energia líquida de manutenção de bovinos podem ser obtidas pela regressão da produção de calor em função do consumo de energia metabolizável, conforme técnica descrita por Lofgreen e Garrett (1968). Segundo os autores tais exigências podem ser influenciadas por fatores individuais, condição sexual, estágio fisiológico do animal, peso metabólico, condições ambientais (temperatura, umidade relativa, velocidade do vento), regime de alimentação (pastejo ou confinamento) e também em função do tipo de ração fornecida aos animais.

As necessidades energéticas para manutenção foram estimadas, por Lofgreen e Garrett (1968) em  $77 \text{ kcal/kg}^{0,75}$ , entretanto estas exigências se ajustam melhor para novilhos e novilhas de origem européia em regime de confinamento e em condições de ausência de estresse, ou seja em condições que não representam as condições práticas de criação predominantes no Brasil. Segundo Noller e Moe (1995) as publicações do NRC podem servir como base na formulação de rações, entretanto devem ser feitas modificações nas exigências nutricionais de acordo com cada condição.

Desse modo, deve-se ter cautela ao adotar o valor preconizado pelo NRC para estimar as exigências de energia nutricionais para animais zebuínos nos trópicos, onde as condições ambientais são distintas das encontradas em países de clima temperado.

A composição corporal e exigências nutricionais de energia e proteína têm sido pesquisadas desde a década de 80 por vários pesquisadores brasileiros como Salvador, 1980; Teixeira, 1984; Gonçalves, 1988; Lana et al., 1992; Pires et al., 1993; Boin, 1995; Estrada et al., 1997; Araújo et al., 1998; Ferreira et al., 1999; Paulino et al., 1999; Signoretti et al., 1998; Freitas et al., 2000; Vêras et al., 2000; Berndt et al., 2002;

Bulle et al., 2002; Tedeschi et al., 2002; Veloso et al., 2002; e Silva et al., 2002) os quais trabalharam com animais de diferentes grupos genéticos e diferentes condições de alimentação. Os dados gerados nos estudos citados anteriormente juntamente com os resultados de outras pesquisas conduzidas no Brasil são de extrema importância no sentido de gerar tabelas de exigências nutricionais de bovinos para as condições brasileiras, tendo em vista, a grande quantidade de recursos já investidos nestas pesquisas e a necessidade de se estimar com mais precisão o desempenho dos bovinos em condições tropicais a partir da utilização de tabelas mais apropriadas.

Dos autores, citados anteriormente Salvador (1980), Gonçalves (1988), Paulino et al. (1999), Freitas et al. (2000), Verás et al. (2000) e Tedeschi et al. (2002), envolvendo zebuínos não castrados, em condições de confinamento, estimaram as exigências líquidas de energia de manutenção em 56, 60, 60, 50, 83 e 77 kcal/kg<sup>0,75</sup>, respectivamente. Conforme pode ser observado tem sido verificado variações nas exigências de energia líquida de manutenção o que pode de certa forma, estar relacionado à variações em função do grupo genético, condição nutricional prévia, condição sexual e nível nutricional dos animais estudados.

Assim como o conhecimento da composição corporal e das exigências nutricionais dos animais é de extrema importância no campo da nutrição, sendo que o conhecimento da eficiência de utilização da EM pelos animais é de grande importância na determinação das exigências dietéticas diárias de energia.

A eficiência de utilização da energia para produção nos animais consiste em como a energia contida nos alimentos é retida na forma de produto animal (carne, gordura, leite, etc). Tal eficiência pode variar em função da composição da ração, composição do ganho de peso (taxa de deposição de proteína e gordura), grupo genético, taxa do ganho,

Ambiente, dentre outros. A eficiência pode variar também de acordo com o desenvolvimento dos animais sendo que este crescimento deve ser considerado como o somatório entre a taxa de síntese e degradação e não simplesmente o acréscimo de proteína e gordura no corpo animal. O total de energia gasta nos sistemas de produção animal depende exclusivamente do tipo de animal e do tipo de alimento utilizado, então a eficiência com que os animais utilizam a energia dos alimentos para síntese de energia e proteína animal é variável.

Dentre os animais domésticos de interesse zootécnico, os ruminantes se enquadram dentre os que apresentam menor eficiência bruta de utilização da energia dos alimentos para o processo produtivo; 6% para bovinos em crescimento em comparação à outras espécies como aves e suínos que apresentam valores de 14 e 24%, respectivamente (Phillips, 2001). Tal fato, segundo os autores, está relacionado ao fato destes animais utilizarem dupla digestão (microbiana e enzimática), em função do tipo de alimento utilizado.

A eficiência com que a energia metabolizável (EM) é utilizada pelos bovinos pode variar de acordo com a finalidade, deste modo, eficiência líquida de utilização da energia para manutenção em bovinos ( $K_m$ ) é maior (71 a 79 %) que a eficiência da utilização da energia para ganho de peso ( $K_g$ ), que pode variar de 15 a 70%, sendo que dietas com maior valor nutritivo podem proporcionar maior eficiência de utilização da energia para manutenção e para ganho de peso (Coelho da Silva e Leão, 1979).

Considerando-se que os animais de maturidade precoce retêm menor quantidade de energia na forma de proteína que os de maturidade tardia e levando-se em consideração a menor eficiência de utilização da energia metabolizável para síntese de proteína (10 a 40%)

que para gordura (60-80%) conclui-se que os animais de maturidade precoce são mais eficientes energeticamente que os de maturidade tardia (Old e Garrett, 1987).

A grande variação nas estimativas das eficiências de utilização da EM para síntese de proteína e gordura advém, em parte, da grande variação na composição das rações e conseqüentemente nos produtos finais da digestão (Garrett, 1980). Segundo Blaxter (1962) maior proporção de ácido propiônico em comparação ao ácido acético implica em maiores eficiências de utilização da EM para ganho corporal.

Com relação ao grupo genético, assume-se que animais que depositam maior teor de tecido adiposo, considerando uma mesma idade e estado fisiológico, tendem a ser mais eficiente energeticamente (Garrett, 1980).

As exigências de nutricionais para ganho de peso estão intimamente associadas à composição corporal dos animais. As exigências de proteína correspondem ao total de proteína depositado no ganho ao passo que, para o cálculo das exigências de energia leva-se em consideração os teores de proteína e gordura no ganho multiplicado pelos respectivos equivalentes calóricos.

As exigências líquidas de proteína para ganho de peso são maiores para animais inteiros, seguidos por machos castrados e depois por fêmeas. Os implantes anabolizantes incrementam o desempenho e por conseqüência, as exigências de proteína para ganho. Animais de maturidade tardia também apresentam maiores exigências em proteína para ganho que animais de maturidade precoce (Ferrell e Jenkins, 1998).

Objetivou-se com este estudo estimar a composição corporal de gordura, proteína e energia, as exigências líquidas de energia de manutenção bem como a eficiência de utilização da energia metabolizável para manutenção ( $K_m$ ) e ganho de peso ( $K_g$ ) de bovinos de quatro grupos genéticos submetidos a quatro níveis de concentrado na ração.

## Referências Bibliográficas

- ARAÚJO, G.G.L.; SILVA, J.F.C.; VALADARES FILHO, S.C.; et al. Composição corporal e exigências líquidas de energia e proteína de bezerros alimentados com diferentes níveis de volumoso. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.27, n.5, p.1013-1022,1998.
- BERNDT, A.; HENRIQUEW.; LEME, P.R.; et al. Exigências Líquidas de Proteína e Energia Para Crescimento de Tourinhos Santa Gertrudis em Dietas com Alto Teor de Concentrado. **Revista Brasileira de Zootecnia**. V.31, n.5, p. 2098-2104, 2002.
- BLAXTER, K.L. **Energy metabolism of ruminants**. London, Hutchinson, 1962. 329p.
- BOIN, C. Alguns dados sobre exigências de energia e proteína de zebuínos. In: **SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS DE RUMINANTES**. 1995, Viçosa, MG. Anais...Viçosa: UFV, 1995, p.457-465.
- BULLE, M.L.M.; RIBEIRO, F.G.; LEME, P.R.; et al. Exigências Líquidas de Proteína e Energia DE Tourinhos de dois Grupos Genéticos Alimentados com Dietas de Alto teor de Concentrado. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.31, n,1. p. 436-443, 2002.
- COELHO DA SILVA, J.F.; LEÃO, M.I. **Fundamentos de nutrição dos ruminantes**. Piracicaba; Livroceres, 1979. 380p.
- ESTRADA, L.H.C.; FONTES, C.A.A.; JORGE, A.M.; et al.. Exigências nutricionais de bovinos não castrados em confinamento.1. Conteúdo corporal e exigências líquidas de proteína e energia para ganho de peso. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.26, n.3, p.575-584,1997.
- FERREIRA, M.A.; VALADARES FILHO, S.C.; COELHO DA SILVA, J.F.; et al. Composição corporal e exigências de energia e proteína para ganho de peso de bovinos F1 Simental x Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.28, n.2, p. 352-361,1999.
- FERRELL, C.L.; GARRETT.W.N.; HINMAN,N. et al. Energy utilization by pregnant heifers. **Journal of Animal Science**. v.42, n.4, p.937-945, 1976.
- FERRELL, C.L.; JENKINS, T.G. Body composition and energy utilization by steers of diverse genotypes fed a high concentrate diet during the finishing period: II. Angus, Boran, Brahman, Hereford and Tuli sires. **Journal of Animal Science**, v.76, p.647-657, 1998.

- FREITAS, J.A.; FONTES, C.A.A.; SOARES, J.E. et al. **Composição corporal e exigências de energia para manutenção de bovinos (zebúinos e mestiços) e bubalinos não castrados, em confinamento.** Arq. Ciên. Vet. Zool. UNIPAR, v.3, n.1, p-19-29, 2000.
- GEAY, Y. Energy and protein in growing cattle. **Journal of Animal Science**, v.58, n.3, p.766-778, 1984.
- GARRETT, W.N. Factors influencing energetic efficiency of beef production **Journal of Animal Science**, v.51, n.6, p.1434-1440, 1980.
- GONÇALVES, L.C. **Digestibilidade composição corporal e exigências de energia e proteína de bovinos (zebúinos e mestiços) e bubalinos não castrados em confinamento.** Viçosa, M.G. UFV, 1988. 238p. Tese (Doutorado em Zootecnia)-Universidade Federal de Viçosa, 1988.
- JESSOP, N.S. **Aspects of cellular energetics.** In: Farm animal metabolism and nutrition: Critical reviews. Edited by D'MELLO, J.P.F, 2000. 438p.
- LANA, R.P.; FONTES, C.A.A.; PERON, A.J. et al. Composição corporal e do ganho de peso exigências de energia, proteína e macrominerais (Ca, P, Mg, Na e K) de novilhos de cinco grupos raciais. I Conteúdo corporal e do ganho de peso em gordura, proteína e energia. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.21, n.3, p.518-527, 1992.
- 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.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - N.R.C. Subcommittee of Beef Cattle Nutrition. **Nutrient requirements of beef cattle**, 7<sup>a</sup>. ed. Washington, D.C., 242 p.1996.
- NOLLER, C.H.; MOE, P.W. Determination of NRC energy and protein requirements for ruminants In: **SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS DE RUMINANTES**. 1995, Viçosa, MG. Anais...Viçosa: UFV, 1995, p.457-465.
- OLD, C.A.; GARRETT, W.N. Effects of energy intake on energetic efficiency and body composition of beef steers differing in size at maturity. **Journal of Animal Science**, v.65, n.5, p.1371-1380, 1987.
- 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.621-627, 1999.
- PHILLIPS, C.J.C. **Principles of Cattle Nutrition**. In: Cattle Growth and Rearing Systems. Cabi International, 269p. Ilustr, 2001.

- PIRES, C.C.; FONTES, C.A.A.; GALVÃO, J.G. et al. Exigências nutricionais de bovinos em acabamento I Composição corporal e exigências de proteína e energia para ganho de peso. **Revista Brasileira de Zootecnia**.v.22, n.1, p.110-120, 1993.
- REID, J.T.; WHITE, D.; ANRIQUE, R. et al. A. Nutritional energetics of livestock: Some present boundaries of knowledge and future research needs. **Journal of Animal Science**. v.51, n.6. p.1393-1413, 1980.
- ROBELIN, J.; GEAY, Y. Body composition of cattle as affected by physiological status, breed, sex and diet. **Herbage nutrition in the subtropical and tropics**, 525-547,1984.
- SALVADOR, M. Exigências de energia e proteína para engorda de novilhos azebuados. Viçosa, MG, UFV, Impr. Univ, 1980. 70p. (Dissertação de Mestrado).
- SIGNORETTI, R.D., TURCO, S.H.N. Composição corporal e exigências líquidas de energia e proteína de bezerros alimentados com diferentes níveis de volumoso. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.27, n.5, p.1013-1022, 1998.
- SILVA, F.F.; VALADARES FILHO, S.C.; ÍTAVO, L.C.V. et al. Composição corporal e requisitos energéticos e protéicos de Nelore, não castrados, alimentados com rações contendo diferentes níveis de concentrado e proteína . **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.1, p.503-513. Sup.1, 2002.
- TAYLOR, C.S.; MURRAY, J.L. Effect of feeding level , breed and milking potential on body tissues and organs of mature , non –lactating cows . **Animal production**. v.53, n.1, p. 27-38, 1991.
- TEDESCHI, L.O.; BOIN,C.; FOX, D.G.; LEME, P.R.; et al. Energy requirement for maintenance and growth of Nellore bulls and steers fed hight-forage diets. **Journal of Animal Science**. v.80, n.6, p.1671-1682, 2002.
- TEXEIRA, J.C. **Exigências de energia e proteína, composição e área corporal e principais cortes da carcaça em seis grupos genéticos de bovídeos**. Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, 1984. 94p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, 1984.
- VELOSO, C.M.; VALADARES FILHO, S.C.; GESUALD Jr. A. 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**, v.31, n.3, p.1286-1293, 2002.
- VÉRAS, A.S.C.; VALADARES FILHO, S.C.; COELHO DA SILVA, J.F. et al. Composição corporal e requisitos energéticos e protéicos de bovinos Nelore, não castrados, alimentados com rações contendo diferentes níveis de concentrado. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.6, p.2379-2390, 2000.

## **Composição Corporal e Exigências de Energia de Manutenção em Bovinos de Quatro Grupos Genéticos**

**RESUMO** – Objetivou-se com esse trabalho estimar a composição corporal de energia e proteína e as exigências de energia de manutenção de bovinos Nelore e seus mestiços. Utilizou-se 72 bovinos machos, não castrados, com idade inicial de 10 a 11 meses e pertencentes a quatro grupos genéticos com peso médio inicial de 286, 309, 333 e 310 kg. Utilizou-se quatro proporções volumoso:concentrado e em cada tratamento foram agrupados três animais de cada grupo genético. Três animais de cada grupo genético foram alocados no grupo manutenção. As exigências líquidas de energia para manutenção foram obtidas pela regressão da produção de calor ( $\text{Kcal/kg}^{0,75}/\text{dia}$ ) em função do consumo de energia metabolizável ( $\text{Mcal/kg}^{0,75}/\text{dia}$ ) extrapolando-se o nível zero de ingestão de energia metabolizável. Não houve diferenças nas exigências de energia líquida de manutenção entre os grupos genéticos. Verificou-se elevação de 260,2; 92,6 e 67,8 % nos conteúdos corporais de gordura, proteína e na concentração de gordura ( $\text{g/kg PCV}$ ) com elevação do peso vivo de 250 para 550 kg, e a concentração de proteína corporal reduziu em 10,9 %. O teste de identidade de modelos não lineares indicou não haver diferenças entre grupo genético para a composição corporal de gordura, proteína e energia e nas exigências de energia de manutenção. Deste modo o valor da exigência de energia de manutenção foi estimado em  $79 \text{ kcal/kg}^{0,75}/\text{dia}$ .

Palavras chave: bovinos, composição corporal, exigências de manutenção, mestiços

## **Body Composition and Net Energy Requirements for Maintenance for Bovines from four Genetic Groups**

**ABSTRACT** - The objectives of this work were to estimate the body composition of energy and protein and the net energy requirements for maintenance of Nellore and its crossbred. Seventy- two young bulls, with average age between 10 and 11 months and from four genetic groups with initial average weight of 286, 309, 333 and 310 kg. Four forage to concentrate ratios was used and in each treatment three animals from each genetic group were grouped. Three animals from each genetic group were allotted to maintenance level. The net energy requirements of maintenance were obtained by the regression of the heat production ( $\text{Kcal/kg}^{0.75}/\text{day}$ ) against the metabolizable energy intake ( $\text{Mcal/kg}^{0.75}/\text{day}$ ) and extrapolated to zero level of metabolizable energy intake. There was no difference in net energy requirements for maintenance among genetic groups. It was observed a increase of 260.2; 92.6 and 67.8% in the body contents for fat, protein and fat concentration (g/kg EBW) with the increase of live weight from 250 to 550 kg, and body protein concentration reduced 10.9%. The non linear model identity test indicated that there was no difference among genetic groups upon the fat, protein and energy content and net energy for maintenance. The net energy requirements was estimated in  $79.45 \text{ kcal/kg}^{0.75}/\text{day}$ .

Key words: Bovines, body composition, crossbred, maintenance requirements.

## Introdução

O corpo animal é constituído basicamente por quatro constituintes, sendo eles água, proteína, gordura e minerais, os três primeiros representam maior proporção no corpo. As proporções destes componentes variam em função de vários fatores como raça do animal, velocidade de crescimento, condição sexual, plano nutricional ao qual o animal está submetido, utilização de hormônios anabolizantes, etc (NRC, 1996). Apesar do conteúdo corporal total de proteína e gordura no corpo vazio elevar com o aumento do peso do animal o teor de proteína sofre redução com o avançar da idade dos mesmos ao passo que o teor de gordura e energia tendem a aumentar com a elevação do peso do animal (Lana et al., 1992; Pires et al., 1993, Boin, 1995; Freitas et al., 2000; Backes et al., 2002).

Preston e Willis (1974) reportaram efeito da ração sobre composição corporal dos animais. Segundo os autores, rações mais energéticas originavam carcaças com maior teor de gordura, em comparação às com teores médios e baixos de energia. Resultados concordantes foram observados por Jones et al. (1985), que trabalhando rações baseadas em volumoso e concentrado, observaram diferenças na composição corporal de novilhos sendo que animais que receberam dietas à base de concentrado (mais energéticas), apresentaram maiores teores de gordura na carcaça, em relação aos que receberam ração à base de forragens.

Segundo Ferrell e Jenkins (1998), novilhos alimentados com nível *Ad libitum* apresentaram maior conteúdo corporal de gordura corporal ( $42 \pm 5,3$  kg) comparado aos novilhos alimentados com plano nutricional *Ad libitum* ( $86 \pm 11,3$  kg).

O peso do animal é um importante fator que pode influenciar a composição corporal dos bovinos. Segundo o NRC (1996) a maior influência na composição corporal dos

animais pode ser explicada pelas variações no peso. Tais modificações no peso dos animais, ao longo do tempo, quase sempre estão relacionadas a variações nas exigências nutricionais.

Paulino et al. (1999) em pesquisa conduzida com bovinos Zebu, machos não castrados, de quatro grupos genéticos com peso variando de 300 a 500 kg, verificaram redução nos teores de proteína corporal e elevação nos teores de gordura e energia corporal com o aumento do PCV. Constatou-se decréscimo no teor de proteína na ordem de 9,3% (183 para 165g de proteína/kg PCV) ao passo que para o teor de gordura verificou-se elevação de 110% (114 para 240 g/ kg PCV).

O grupo genético apresenta, segundo Garrett (1980), maior influência sobre a composição corporal, considerando um mesmo peso vivo ou de carcaça, do que o nível nutricional. Em estudos conduzidos por Robelin e Geay (1984) verificou-se efeito do grupo genético na composição corporal. Bovinos da raça Angus apresentaram teores de gordura corporal 89% superior aos bovinos da raça Limousin. Considerando o peso de 400 kg para as raças Limousin, Charolesa, Holandesa, Shorthorn, Hereford e Angus os respectivos teores de gordura corporal são de 102, 108, 135, 190, 190 e 193 g de gordura/kg de PCV.

Outro fator que pode afetar a composição corporal dos bovinos é o uso de hormônios de crescimento. Segundo o NRC (1996) a utilização de tais substâncias aumenta a deposição de tecido muscular na carcaça em detrimento da redução na deposição de gordura, uma vez que os hormônios atuam aumentando a taxa de síntese protéica.

As exigências de energia para manutenção podem ser definidas como a quantidade de energia necessária para a manutenção da massa corporal estável. Estudo pioneiro na área de bioenergética foram realizados por Brody (1945), que desenvolveu pesquisas com espécies diferentes (envolvendo desde camundongos até elefantes), estimou a taxa metabólica basal

em  $70,5 \text{ Kcal/kg}^{0,73}$ . Posteriormente, Lofgreen e Garrett. (1968), envolvendo 208 bovinos (entre novilhos e novilhas) com peso vivo entre 230 e 300 kg e alimentados com rações com nível de volumoso variando de 2 a 100%, estimaram as exigências líquidas de manutenção em  $77 \text{ Kcal/kg kg}^{0,75}$ , sendo tal valor adotado pelo NRC (1996). Por outro lado, AFRC, (1993) utilizando o método calorimétrico estabeleceu o valor de  $83,5 \text{ Kcal/kg kg}^{0,75}/\text{dia}$  para as exigências de energia de manutenção. Para bovinos do tipo leiteiro em crescimento. O NRC (2001) estima as exigências líquidas de energia de manutenção em  $86 \text{ kcal/kg}^{0,75}/\text{dia}$ .

Nos bovinos em crescimento as exigências de energia de manutenção pode corresponder a mais de 40 % das exigências totais de energia metabolizável (NRC, 1996). Segundo Thompson et al. (1983) as exigências de energia para manutenção envolvem os gastos com a manutenção da homeotermia, pressão sanguínea, do tônus muscular, atividade cardíaca, transmissão de impulsos nervosos, transporte de íons através da membrana, ingestão de alimentos, locomoção, etc. Outros fatores podem influenciar as exigências líquidas de energia para manutenção como Outros fatores podem, ainda, influenciar as exigências de energia de manutenção como raça, idade do animal, condição sexual e nível de produção e o plano nutricional (Koong et al., 1985; NRC, 1996).

Segundo o NRC (1996), diferenças nas exigências de energia para manutenção podem variar em até 40% dependendo da raça considerada sendo que bovinos da espécie taurina apresentam exigências de energia de manutenção 10% superior aos zebuínos.

Com relação à influência da condição sexual, o NRC (1996) relata diferenças entre machos inteiros e machos castrados, de modo que animais inteiros apresentam exigências de manutenção 15% superior aos animais castrados.

Objetivou-se com este trabalho estimar a composição corporal de proteína, gordura e energia bem como as exigências de energia para manutenção de bovinos de quatro grupos genéticos, em confinamento.

## **Material e Métodos**

A pesquisa foi conduzida no Instituto Melon de Estudos e Pesquisas localizado na Fazenda Barreiro situado no município de Silvânia, no estado de Goiás. As análises bromatológicas foram realizadas no Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa, MG.

Utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado em arranjo fatorial, com quatro níveis de adição de concentrados e quatro grupos genéticos. Utilizou-se 72 bovinos machos, inteiros, com idade inicial de 10 a 11 meses, pertencentes a quatro grupos genéticos, sendo eles: 18 Nelore, 18 F1 Nelore x Angus, 18 F1 Nelore x Pardo Suíço e 18 F1 Nelore x Simental com peso médio inicial de 286, 309, 333 e 310 kg, respectivamente. Foram utilizadas quatro proporções volumoso:concentrado correspondentes aos tratamentos T1, T2, T3 e T4 de modo que em cada tratamento foram agrupados três animais de cada grupo genético, perfazendo o total de 12 animais. Três animais de cada grupo genético foram alocados no grupo manutenção e receberam ração para atender suas exigências de manutenção. Outros três bovinos, de cada grupo genético, foram abatidos ao início do experimento e serviram de referência no estudo da composição corporal dos animais remanescentes. As rações foram formuladas de acordo com as recomendações propostas pelo NRC (1996). Encontram-se nas Tabelas 1 e 2 a composição dos concentrados e do feno utilizado na pesquisa bem como a composição das rações experimentais.

Tabela 1 – Análise bromatológica dos alimentos utilizados nas dietas experimentais, expressas na base da matéria seca, para as diferentes proporções volumoso:concentrado

Nutrientes	Proporção Volumoso:Concentrado nas dietas				
	Feno	Conc. 30	Conc. 40	Conc. 60	Conc. 70
MS	83,83	89,49	89,37	89,25	89,20
PB	7,86	29,2	25,0	19,09	17,0
FDN	74,66	10,51	10,87	11,24	11,35
CHT	88,50	71,68	73,92	76,18	76,34
NDT	52,90	76,90	78,17	79,39	79,65
EE	0,68	3,00	3,17	3,34	3,38
MM	6,34	10,44	9,65	8,96	8,72

MS, PB, FDN, CHT, NDT, EE e MN expressos em porcentagem

Tabela 2 – Análise química das rações experimentais utilizadas pelos quatro grupos genéticos, expressas na base da matéria seca, para as diferentes proporções volumoso:concentrado

Nutrientes	Proporção Volumoso:Concentrado nas rações			
	70:30	60:40	40:60	30:70
MS	91,43	91,11	90,45	90,12
PB	14,3	14,7	14,6	14,3
FDN	51,83	46,08	34,56	28,82
CHT	83,35	82,59	81,07	79,96
NDT	60,1	63,0	68,8	71,6
EE	1,39	1,69	2,29	2,57
[EM]	2,17	2,28	2,49	2,59
MM	7,59	7,68	7,92	8,01

MS, PB, FDN, CHT, NDT, EE e MN expressos em porcentagem.

[EM] determinada – expressa em kcal/kg de matéria seca.

A ração experimental foi distribuída uma vez ao dia de modo a permitir sobras de 10 a 20% da quantidade ofertada. A quantidade de ração fornecida e as sobras foram registradas diariamente, coletando-se amostras de ração e sobras, individualmente, uma vez

por semana sendo que cada sete semanas de amostragem de sobras e de ração corresponderam a uma amostra representativa do período.

Paralelamente à pesquisa foi realizado um ensaio através do qual determinou-se os coeficientes de digestibilidade aparente e total. As determinações de MS, proteína bruta (PB), FDN, extrato etéreo (EE) e minerais foram feitas conforme técnicas descritas por Silva e Queiroz (2002). Os carboidratos totais (CHT) foram obtidos pela equação  $CHT (\%MS) = 100 - [PB (\%MS) + EE (\%MS) + MM (\%MS)]$  e os nutrientes digestíveis totais (NDT) foram obtidos pela equação  $NDT_{aparente} (g/dia) = (PB \text{ ração} - PB \text{ fezes}) + (CHT \text{ ração} - CHO \text{ fezes}) + 2,25 (EE \text{ ração} - EE \text{ fezes})$ , segundo Sniffen et al. (1992).

Antes do abate os animais foram submetidos a um período de jejum de 14 a 24 horas. Todos os animais, independentes de grupo genético, foram abatidos com peso vivo variando de 480 a 510 kg. De cada animal abatido, foram pesadas e coletadas amostras representativas dos órgãos, vísceras e da carcaça.

As carcaças foram pesadas no dia do abate realizando-se no mesmo dia a coleta de amostra representativa da carcaça esquerda, correspondente à secção da 9ª a 11ª, denominada secção HH. A partir das proporções de músculo, tecido adiposo e ossos na secção HH, determinou-se a proporção dos mesmos na carcaça, através das equações 1 a 3, descritas por Hankis e Howe (1946).

**Músculo:** Equação 1:  $Y = 16,08 + 0,80 X$ ;

**Tecido adiposo:** Equação 2:  $Y = 3,54 + 0,89 X$ ;

**Ossos:** Equação 3:  $Y = 5,52 + 0,57 X$ ; onde X é a % dos componentes na secção HH.

O peso de corpo vazio (PCV) dos animais foi determinado pela soma do peso da carcaça, sangue, cabeça, couro, pés, cauda, vísceras e órgãos. A relação entre o peso de corpo vazio (PCV) e peso vivo dos animais referência (AB) de cada grupo genético foi

utilizada para estimar o PCV inicial dos animais remanescentes dos diversos grupos genéticos. Os conteúdos corporais de gordura (GO) e proteína bruta (PB) foram determinados em função das concentrações percentuais destes nos tecidos, órgãos, couro, sangue e amostra representativa da carcaça (secção HH). Foram determinados nos tecidos corporais de cada animal, os teores de matéria seca gordurosa (MSG) e água (AG). A MSG foi tratada com éter de petróleo a fim de extrair parte da gordura, obtendo-se assim a matéria seca pré-desengordurada (MSPD). Subtraindo-se a MSPD da MSG, obteve-se a gordura extraída no pré-desengorduramento. A partir da MSPD moída, foram realizadas análises de nitrogênio total, extrato etéreo e cinzas, conforme a técnica descrita por Silva e Queiroz (2002). Conhecendo-se o teor de MSPD dos tecidos corporais, foi possível determinar a composição da matéria natural. A determinação dos conteúdos corporais de energia foi realizada pelo produto dos conteúdos corporais de proteína e gordura pelos seus respectivos equivalentes calóricos, conforme na equação 4, proposta pelo (ARC, 1980).

Equação 4:  $CE \text{ (Mcal)} = (5,6405X + 9,3929Y)$ , onde

**CE** = conteúdo de energia, em kg;

**X** = proteína corporal, em kg;

**Y** = gordura corporal, em kg.

Para se estimar os conteúdos líquidos de energia, gordura e proteína retidas no corpo dos animais foram ajustadas equações de regressão do conteúdo corporal de energia e proteína em função do PCV, de acordo com a equação 5:

Equação 5:  $Y_{ij} = a.X_{ijk}^b + e_{ij}$  em que;

$Y_{ij}$  = Conteúdo total de energia (Mcal) ou proteína (kg) no corpo vazio, do animal j, do grupo genético i, pertencente ao tratamento k

$a$  = constante

$b_i$  = Coeficiente de regressão do conteúdo gordura, energia e proteína, em função do PCV

$X_{ijk}$  = Peso de corpo vazio, do animal j, do grupo genético i, do tratamento k

$e_{ijk}$  = Erro aleatório associado a cada observação

As exigências líquidas de energia para manutenção foram obtidas pela regressão da produção de calor (Kcal/kg<sup>0,75</sup>/dia) em função do consumo de energia metabolizável (Mcal/kg<sup>0,75</sup>/dia) extrapolando-se para o nível zero de consumo de energia metabolizável (CEM), segundo técnica descrita por Ferrell e Jenkins (1998), conforme descrito na equação 6.

Equação 6:  $Y = a \cdot \exp(b \cdot X_{eij}) + e_{ij}$ , onde:

$Y$  = Produção de calor em jejum (kcal/kg<sup>0,75</sup>/dia)

$a$  = intercepto

$b$  = coeficiente de regressão

$X$  = CEM (kcal/kg<sup>0,75</sup>/dia)

$e_{ijk}$  = Erro aleatório associado a cada observação

Os dados obtidos foram analisados por meio de análises de regressão e variância por meio do programa computacional SAS (Statistical Analyses System, 1995), e os coeficientes de regressão testados pelo teste “F” ao nível de 5% de probabilidade.

Na comparação entre grupos genéticos, quanto à composição corporal e exigências de energia para manutenção, utilizou-se o teste de identidade de modelos não lineares, de acordo com técnica proposta por Regazzi (2003), para se verificar a possibilidade de usar um modelo em comum para todos os grupos genéticos ou um modelo para cada grupo genético. O procedimento estatístico se baseia em testar as seguintes hipóteses:  $H_0^{(1)}$ :  $a_1=a_2=a_3=a_4$ ,  $H_a^{(1)}$ : pelo menos um  $a_i$  é diferente dos demais,  $H_0^{(2)}$ :  $b_1=b_2=b_3=b_4$ ,  $H_a^{(2)}$ : pelo menos um  $b_i$  é diferente dos demais,  $H_0^{(3)}$ :  $a_1=a_2=a_3=a_4$  e  $b_1=b_2=b_3=b_4$ ,  $H_a^{(3)}$ : Pelo menos uma igualdade é uma desigualdade.

## Resultados e Discussão

A partir da regressão do peso corporal vazio (PCV) em função do peso vivo de 72 animais, com os pesos entre 243 a 560 kg, obteve-se a equação para predição de PCV. Não foram verificadas diferenças significativas ( $p>0,05$ ) entre grupos genéticos, e, portanto, foi adotada uma única equação para todos os grupos genéticos. A representação gráfica, da equação obtida e coeficiente de determinação é ilustrada na Figura 1.

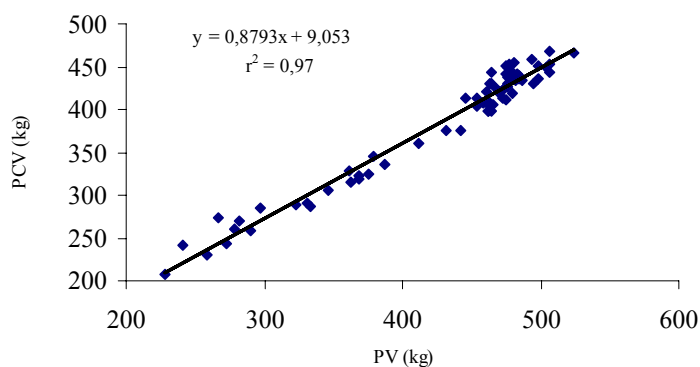


Figura 1 – Equação de regressão do peso corporal vazio (PCV) em função do PV dos animais.

Os resultados obtidos através da equação para a obtenção do PCV a partir do PV (Figura 1) são próximos aos valores encontrados por Freitas (2000), Estrada et al. (1997) e Paulino et al. (1999). Entretanto, tais resultados são mais próximos aos obtidos pelo NRC (1996) o qual utiliza o fator de 0,891 para conversão de PV para PCV. Deste modo um bovino com PV de 400 kg apresenta PCV de 356,4 kg, o qual é muito próximo ao observado no presente trabalho, estimado em 360,8 kg de PCV.

Segundo Van Soest. (1994), a discrepância entre o PCV e o PV está relacionada à capacidade do trato gastrintestinal dos animais e pode variar em função do grupo genético e da composição da ração e do período de jejum ao qual os animais foram submetidos.

Aplicando-se o teste de identidade dos modelos não lineares, proposto por Regazzi (2003), não se detectou efeitos do grupo genético sobre a composição corporal de proteína, gordura e energia e nem sobre as exigências líquidas de energia de manutenção.

Os parâmetros (**a** e **b**) das equações de regressão utilizadas para estimar o conteúdo corporal de proteína, gordura e energia (Equação 5) e os seus coeficientes de determinação encontram-se na Tabela 3.

Tabela 3- Parâmetros das equações de regressão do conteúdo de gordura (kg), Proteína (kg) e de energia (Mcal) em função do peso corporal vazio de bovinos Nelore, F1 Nelore x Angus, F1 Nelore x Simental e F1 Nelore x Pardo Suíço.

Componentes	Parâmetros		Intervalo de confiança			
	a	b		a	b	
Gordura	0,00447	1,6711	-0,00052	0,00945	1,4860	1,8562
Proteína	0,4032	0,8542	0,2397	0,5668	0,7866	0,9218
Energia	0,2825	1,4100	0,0905	0,4746	1,2970	1,5229

Dentro da faixa de peso compreendida entre 250 e 550 kg, verificou-se variações no conteúdo corporal de proteína de 92,6%, gordura de 260,2% e energia de 182%. Comportamento semelhante foi verificado por Lana et al. (1992), Fontes (1995), NRC (1996) e Freitas et al. (2000). Por outro lado, verificou-se redução de 10,9% no teor de proteína corporal com elevação do peso do animal (Tabela 4). Maior elevação no conteúdo corporal de gordura em detrimento à proteína pode ser atribuído à deposição acelerada de gordura em comparação à proteína conforme pode ser visualizado na Figura 2. Através desta figura, pode-se verificar que a intensidade de deposição de gordura é muito superior à de proteína na medida em que ocorre aumento do peso corporal.

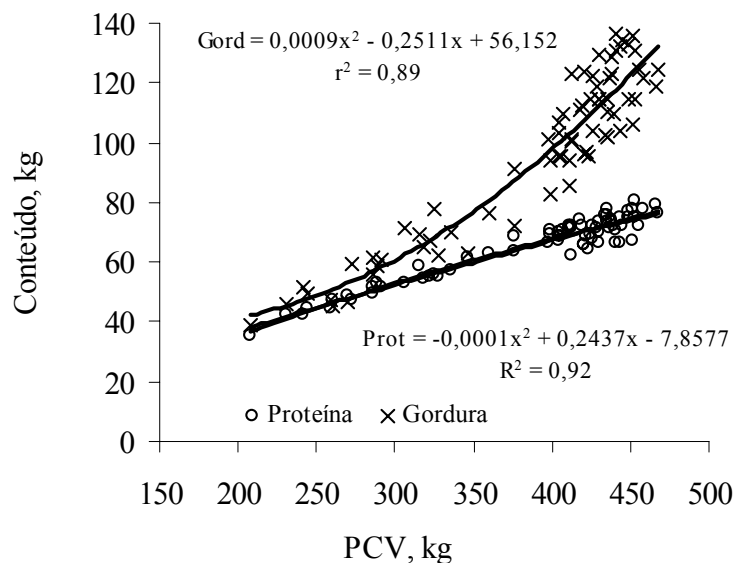


Figura 2 – Estimativa dos conteúdos corporais de gordura e proteína (kg) em função do PCV, em kg

Observa-se, na Figura 2 que as curvas de deposição de proteína e gordura são bem próximas até o PCV de 300 kg. O distanciamento entre curvas está relacionado à ação dos hormônios esteróides que estimulam a deposição de gordura e a produção destes hormônios está associada ao início da puberdade. O comportamento verificado no presente estudo, para os conteúdos de proteína, gordura e energia (Figuras 2 e 3) é semelhante ao verificado por McDonald et al. (1995) e NRC (1996).

O conteúdo corporal de proteína, gordura e energia para a faixa de peso entre 250 e 550 kg foram estimados em 41,79 e 80,45; 39,22 e 141,22; 599,87 e 1549,82, respectivamente para os valores de PV de 250 e 550 kg.

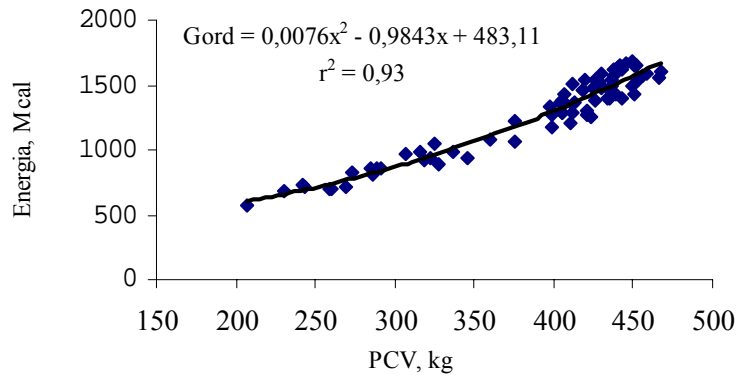


Figura 3 – Estimativa do conteúdo corporal de energia (Mcal) em função do PCV, em kg.

Por outro lado, as concentrações corporais de proteína, gordura (kg/kgPCV) e energia (Mcal/kg PCV) no corpo foram de 0,18 e 0,16; 0,17 e 0,29; 2,7 e 3,54, respectivamente para a mesma faixa de peso considerada anteriormente. Analisando os resultados dos trabalhos de Lana et al. (1992), Fontes (1995), Estrada et al. (1997), Ferreira et al. (1999), Paulino et al. (1999), Freitas et al. (2000), Vêras et al. (2000), Rocha e Fontes (2001), Vêras et al. (2001), Backes et al. (2002), Silva et al. (2002) e Veloso et al. (2002) foi verificado que os respectivos valores médios e desvios padrões para conteúdo de proteína (kg), gordura (kg) e energia (Mcal), para um bovino de 400 kg foram de  $64,7 \pm 5,3$ ;  $57,4 \pm 6$  e  $899 \pm 54,5$ . O NRC (1996) preconiza para a mesma faixa de peso os valores de 64,8, 83,9 kg e 1135,8 Mcal, para conteúdos de proteína, gordura e energia, respectivamente. Deste modo, os resultados obtidos no presente estudo para a composição corporal de proteína, gordura e energia estão mais próximos aos valores estabelecidos pelo NRC (1996) do que para os trabalhos realizados no Brasil, embora o conteúdo de proteína se encontra dentro da faixa estabelecida pelo NRC (1996) e dos trabalhos citados anteriormente.

Na Tabela 4 são apresentados os coeficientes (a e b) da equação de regressão da produção de calor em função do consumo de energia metabolizável bem como seus respectivos intervalos de confiança ao nível de 0,95 de probabilidade.

Tabela 4 – Estimativas pontuais e dos intervalos de confiança obtidos para o modelo que descreve a produção de calor (kcal/kg<sup>0,75</sup>/dia) em função do consumo de energia metabolizável (kcal/kg<sup>0,75</sup>/dia).

Grupo Genético	Parâmetros		Intervalo de confiança			
	a	b	a		b	
Geral	79,45	0,00328	74,89	86,5	0,00255	0,00401

A exigência de energia de manutenção, obtida pela regressão da produção de calor (kcal/kg<sup>0,75</sup>/dia) em função do consumo de energia metabolizável (kcal/kg<sup>0,75</sup>/dia), para a faixa de peso variando de 243 a 560 kg, são representadas pela equação 7. A visualização gráfica da produção de calor em função da ingestão de energia metabolizável é ilustrada na Figura 4.

Equação 7:  $PC = 79,45 e^{0,00328.CEM}$  onde:

PC = produção de calor expresso em kcal/kg<sup>0,75</sup>/dia);

CEM = Consumo de energia metabolizável expresso em kcal/kg<sup>0,75</sup>/dia.

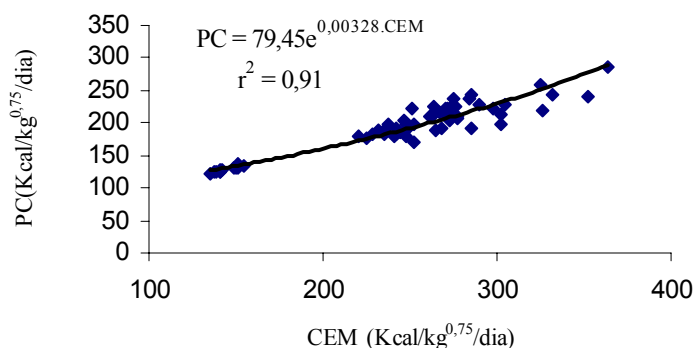


Figura 4– Estimativa da produção de calor (kcal/kg<sup>0,75</sup>/dia) em função do consumo de energia metabolizável (kcal/kg<sup>0,75</sup>/dia).

Para o nível zero de ingestão de energia metabolizável, obtido por extrapolação, obteve-se o valor de 79 kcal/kg<sup>0,75</sup>/dia para a produção de calor de jejum.

O NRC (1996) preconiza maiores exigências de energia de manutenção para bovinos *Bos taurus* (10%) e mestiços *Bos taurus* x *Bos indicus* (5%) em relação aos bovinos zebuínos (*Bos indicus*), entretanto na presente pesquisa, tal comportamento não foi confirmado. As exigências líquidas de energia para bovinos dos quatro grupos genéticos, e dentro da faixa de peso estudada, são apresentadas na Tabela 5.

Tabela 5 - Exigências líquidas de energia de manutenção (ELm) por kg de PCV para bovinos das raças Nelore, F1 Nelore x Aberdeen Angus, F1 Nelore x Pardo Suíço e F1 Nelore x Simental, não castrados em confinamento.

PV (kg)	PCV (kg)	ELm (Mcal)
250	228,9	4,68
300	272,8	5,33
350	316,8	5,97
400	360,8	6,58
450	404,7	7,17
500	448,7	7,75
550	492,7	8,31

Tedeschi et al. (2002), trabalhando com bovinos da raça Nelore, estimaram as exigências líquidas de manutenção em 77 Kcal/kg<sup>0,75</sup>/dia. Tais resultados estão em consonância aos obtidos no presente trabalho, em que não foram obtidas diferenças entre grupos genéticos para as exigências energéticas de manutenção. Resultados semelhantes aos obtidos no presente estudo foram verificados por Ferrell e Jenkins (1998), ao estimarem as exigências líquidas de energia de manutenção em 77,2 Kcal/kg<sup>0,75</sup>, e não detectaram diferenças entre *Bos taurus* e *Bos indicus*.

Henrique (2002), compilando dados referentes oito trabalhos de pesquisa da literatura nacional não constatou diferenças entre grupos genéticos para as exigências

líquidas de energia de manutenção, encontrando a estimativa pontual de  $71 \text{ Kcal/kg}^{0,75}/\text{dia}$  e intervalo de confiança entre 68 a 74. O valor das exigências encontrado no presente estudo é de aproximadamente 11 e 7% superior ao valor pontual e ao limite superior máximo do intervalo de confiança obtido por Henrique (2002).

Por outro lado, a compilação de resultados de onze trabalhos de pesquisa realizados no Brasil envolvendo a estimativa das exigências líquidas energia de manutenção, dentre eles: Gonçalves (1998), Pires et al. (1993), Rocha e Fontes (1999), Araújo et al. (1998), Almeida et al. (2001), Silva et al. (2001), Veloso et al. (2002) e Boin (1995), juntamente com os dados obtidos por Henrique (2002), resultou no valor médio para as exigências de energia de manutenção de  $73 \pm 8 \text{ Kcal/kg}^{0,75}$ . Deste modo, a estimativa média obtida no presente estudo se encontra dentro do intervalo verificado para exigências energéticas de bovinos, em condições brasileiras.

Quando se calcula a média de alguns trabalhos da literatura internacional dentre eles, AFRC (1993), NRC (1996), Ferrel e Jenkins (1998) e NRC (2001) obtém-se o valor médio para exigências energéticas de manutenção de  $80 \pm 6 \text{ Kcal /kg}^{0,75}$ , o qual inclui o valor médio de  $79 \text{ Kcal /kg}^{0,75}$ , e o intervalo de confiança, obtido no presente estudo.

## Conclusões

A composição corporal de proteína e energia elevou-se com o aumento do peso vivo dos animais sem haver distinção significativa entre grupos genéticos, entretanto, o aumento no conteúdo corporal de gordura foi bem mais pronunciado comparado com o aumento da proteína, principalmente a partir do PCV de 300 kg.

No presente estudo, não foi comprovada a hipótese de que bovinos de raças zebuínas (*Bos indicus*) apresentam menores exigências de energia de manutenção quando comparado aos bovinos taurinos (*Bos taurus*) ou mestiços *Bos indicus* x *Bos taurus*. Deste modo as exigências energéticas para os quatro grupos genéticos (Nelore, F1 Nelore x Aberdeen Angus, F1 Nelore x Pardo Suíço e F1 Nelore x Simental) foram estimadas em  $79 \text{ kcal/kg}^{0,75}/\text{dia}$ .

O valor estimado, no presente estudo, para exigências de energia de manutenção se ajusta bem tanto para os dados da literatura nacional quanto para dados da literatura internacional.

## Referências Bibliográficas

- AGRICULTURAL RESEARCH COUNCIL-ARC. **The Nutrient Requirements of Farm Livestock**. England, Commonwealth Agricultural Bureaux, 1980. 350p.
- AGRICULTURAL AND FOOD RESEARCH COUNCIL- AFRC, 1993. **Energy and protein requirements of ruminants**, Wallingford: Commonwealth Agricultural Beureax. International.159p,1993.
- ALMEIDA, M.I.V.; FONTES, C.A.A;ALMEIDA, F.Q. et al. Conteúdo Corporal e Exigências Líquidas de Energia e Proteína de Novilhos Mestiços Holandês-Gor em Ganho Compensatório. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.30, n.1, p.205-214, 2001.
- BACKES, A.A.; SANCHEZ, L.M.B.; GONÇALVES, M.B.F. et al. Composição Corporal e Exigências Líquidas de Energia e Proteína Para Ganho de Peso de Novilhos Santa Gertudis. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.31, n.6, p.2307-2313, 2002.
- BOIN, C. Alguns dados sobre exigências de energia e proteína de zebuínos. In: **SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS DE RUMINANTES**. 1995, Viçosa, MG. Anais...Viçosa: UFV, 1995, p.457-465.
- BRODY, S. **Bioenergetics and growth with special reference to the efficiency complex in domestic animals**. New York: Reinhold Publishing Corporation, 1945. 1023p.
- ESTRADA, L.H.C.; FONTES, C.A.A.; JORGE, A.M. et al. Exigências nutricionais de bovinos não castrados em confinamento.1. Conteúdo corporal e exigências líquidas de proteína e energia para ganho de peso. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.26, n.3, p.575-584, 1997.
- FERRELL, C.L.; JENKINS, T.G. Body composition and energy utilization by steers of diverse genotypes fed a high concentrate diet during the finishing period: II. Angus, Boran, Brahman, Hereford and Tuli sires. **Journal of Animal Science**, v.76, p.647-657, 1998.
- FERREIRA, M.A.; VALADARES FILHO, S.C.; COELHO DA SILVA, J.F.; et al. Composição corporal e exigências de energia e proteína para ganho de peso de bovinos F1 Simental x Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.28, n.2, p. 352-361,1999.
- FONTES, C.A.A. Composição corporal, exigências líquidas de nutrientes para ganho de peso e desempenho produtivo de animais zebuínos e mestiços europeu-zebu. Resultados experimentais. In: **SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS DE RUMINANTES**. 1995, Viçosa, MG. Anais.Viçosa, MG:, p.419-455, 1995.

- FREITAS, J.A.; FONTES, C.A.A.; SOARES, J.E. et al. **Composição corporal e exigências de energia para manutenção de bovinos (zebuínos e mestiços) e bubalinos não castrados, em confinamento.** Arq. Ciên. Vet. Zool. UNIPAR, v.3, n.1, p-19-29, 2000.
- GONÇALVES, L.C. **Digestibilidade composição corporal e exigências de energia e proteína de bovinos (zebuínos e mestiços) e bubalinos não castrados em confinamento.** Viçosa, M.G. UFV, 1988. 238p. Tese (Doutorado em Zootecnia)- Universidade Federal de Viçosa, 1988.
- HANKINS, O.G.; HOWE, P.E. Estimation of the composition of beef carcasses and cuts., USDA, 1946 (Technical bulletin, 926).
- HENRIQUE, D.S. **Desenvolvimento de modelos matemáticos para predição da eficiência de utilização da energia metabolizável para manutenção e ganho de peso em bovinos.** Seropédica: Universidade Rural do Estado do Rio de Janeiro. 2002. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Universidade Rural do Estado do Rio de Janeiro. 2002, 20p.
- JONES, S.D.M.; ROMPALA, R.E.; JEREMIAH, L.E. Growth and composition of the empty body in steers of different maturity types fed concentrate or forage diets. **Journal of Animal Science.** v.60, n.2, p.427-433, 1985.
- KOONG, L.J.; FERRELL, C.L.; NIENABER, J.A. Assessment of interrelationships among levels of intake and production, organ size and fasting heat production in growing animals. **Journal of Nutrition.**; Philadelphia, v.15, n.10, p.1383-1390, 1985.
- LANA, R.P.; FONTES. C.A.A.; PERON, A.J. et al. Composição corporal e do ganho de peso exigências de energia, proteína e macroelementos minerais (Ca, P, Mg, Na e K) de novilhos de cinco grupos raciais. I Conteúdo corporal e do ganho de peso em gordura, proteína e energia. **Revista Brasileira de Zootecnia.** v.21, n.3, p.518-527, 1992.
- 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.
- McDONALD, P., EDWARDS, R.A., GREENHALGH, J.F.D. et al. **Animal nutrition.** 5 ed. Singapore: Longman, 1995. 607p.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - N.R.C. Subcommittee of Beef Cattle Nutrition. Nutrient requirements of beef cattle, 7a. ed. Washington, D.C.; 1996. 242 p.
- NATIONAL RESEARCH CONCIL – NRC. Subcommittee of dairy cattle nutrition. (Washington, DC, USA). **Nutrient requirement of dairy cattle.** 7<sup>a</sup>. Ed.; Washington: National Academy Press, 2001, 363p.

- 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.621-627,1999.
- PIRES, C.C.; FONTES, C.A.A.; GALVÃO, J.G. et al. Exigências nutricionais de bovinos em acabamento I Composição corporal e exigências de proteína e energia para ganho de peso. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.22, n.1, p.110-120,1993.
- PRESTON, T.R. e WILLIS, M.B. **Intensive beef production**.2.ed. Oxford, Pergamon Press, 1974. 546p.
- REGAZZI, J.A. Teste para verificar a identidade de modelos de parâmetros e a identidade de modelos de regressão não linear. **Pesquisa Ceres**. v.50, n.287, p.9-26, 2003.
- ROBELIN, J. e GEAY, Y. Body composition of cattle as affected by physiological status, breed, sex and diet. **Herbage nutrition in the subtropical and tropics**, 525-547,1984.
- ROCHA, E. O.; FONTES, C.A.A. Composição Corporal, Ganho de Peso e Exigências Nutricionais de Novilhos de Origem Leiteira. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.28, n.1, p.159-168, 1999.
- SAS. INSTITUTE.SAS/STAT. **User's Guide**.11 ed.Cary:1995.
- SILVA, F.F.; VALADARES FILHO, S.C.; ÍTAVO, L.C.V.; et al. Composição corporal e requisitos energéticos e protéicos de Nelore, não castrados, alimentados com rações contendo diferentes níveis de concentrado e proteína . **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.1, p.503-513. Sup.1, 2002
- SNIFFEN, C.J., O'CONNOR, J.D., VAN SOEST, P.J. et al. A net carbohydrate and protein system for evaluation cattle diets.: II Carbohydrate and protein availability. **Journal of Animal Science**, v.70, n.11, p.3562-3577, 1992.
- TEDESCHI, L.O.; BOIN,C.; FOX, D.G.; LEME, P.R. et al. Energy requirement for maintenance and growth of Nelore bulls and steers fed high-forage diets. **Journal of Animal Science**. v.80, n.6. p.1671-1682, 2002
- THOMPSON, W.R.; MEISKE, J.C.; GOODRICH, R.D. et al. Influence of body composition on energy requirements of beef cattle cows during winter. **Journal of Animal Science**. v.56, n.5, p.1241-1252, 1983.
- VELOSO, C.M.; VALADARES FILHO, S.C.; GESUALDI Jr., A. 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**, v.31, n.3, p.1286-1293, 2002.

VÉRAS, A.S.C.; VALADARES FILHO, S.C.; COELHO DA SILVA, J.F. et al..  
Composição corporal e requisitos energéticos e protéicos de bovinos Nelore, não castrados, alimentados com rações contendo diferentes níveis de concentrado. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.6, p.2379-2390, 2000 Suplemento 2.

VÉRAS, A.S.C.; VALADARES FILHO, S.C.; COELHO DA SILVA, J.F. 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**, v.30, n.3, supl,1.p.1127-1134, 2001.

## **Composição do Ganho e Exigências de Energia e Proteína Para Ganho de Peso em Bovinos de Quatro Grupos Genéticos**

**RESUMO** - Objetivou-se com esse trabalho estimar a composição do ganho e as exigências de energia e proteína para ganho de peso de bovinos dos grupos genéticos Nelore e mestiços. Utilizou-se 72 bovinos machos, não castrados, com idade inicial de 10 a 11 meses e pertencentes a quatro grupos genéticos com peso médio inicial de 286, 309, 333 e 310 kg. Utilizou-se quatro proporções volumoso:concentrado e em cada tratamento foram agrupados três animais de cada grupo genético. As exigências de proteína e energia, para ganho de 1 kg de PCV, foram estimadas pela equação  $Y' = a. b. X^{(b-1)}$  onde, **a** e **b** são os coeficientes das equações de regressão dos conteúdos de energia e proteína e **X** corresponde ao PCV dos animais. O teste de identidade de modelos não lineares indicou não haver diferenças entre grupo genético para as exigências de energia e proteína para ganho de peso. Verificou-se decréscimo de 10,6 % nas exigências de proteína e elevação de 37,8 % nas exigências de energia para ganho de peso entre 250 e 550 kg. Estas variações nas exigências de proteína e energia estão relacionadas com a elevação do teor de gordura e redução no teor de proteína com elevação do PCV. As exigências líquidas de proteína e energia para ganho de peso foram estimadas em 143,5g e 4,7 Mcal para o peso vivo de 450 kg.

Palavras chave: bovinos, composição, ganho, energia, exigências, proteína.

## **Gain Composition and Net energy and Protein Requirements for Weight Gain of Bovines from four Genetic Groups**

**ABSTRACT** - The objective of this work was to estimate the composition of the gain and energy and protein requirements for weight gain Nellore and its crossbreed bovines. Seventy- two young bulls, with average age between 10 and 11 months and from four genetic groups with initial average weight of 286, 309, 333 and 310 kg. Four forage to concentrate ratio was used and in each treatment three animals from each genetic group were grouped. The net protein and energy requirements, for gain of 1 kg of EBW, were estimated by the equation  $Y' = a + b \cdot X^{(b-1)}$  where, **a** and **b** are the coefficients of the regression equations of the contents of energy and protein and **X** corresponds to EBW of the animals. The test of identity of models indicated that there was no difference among genetic groups for the net energy and protein requirements for weight gain. It was observed a decrease of 10.6% in the protein requirements and an increase of 37.8% in the energy requirements for live weight gain from the live weight between 250 and 550 kg. These changes in the protein and energy requirements are related with the increased of fat and reduction in the protein concentration with as EBW increased. The net requirements of protein and energy for live weight gain were estimated in 143.5 g and 4.7 Mcal, respectively, for live weight of 450 kg.

Key words: bovines, composition, energy, gain, protein, requirements.

## **Introdução**

Após o nascimento, os bovinos iniciam uma fase de crescimento que pode ser representada por uma curva do tipo sigmóide. Tal curva de crescimento apresenta inclinação crescente logo do nascimento até a puberdade e a partir deste estágio inicia-se uma fase de desaceleração do crescimento caracterizada pelo aumento na taxa de deposição de gordura e diminuição na taxa de deposição de proteína. Tal comportamento é acompanhado pelo aumento nas exigências de energia e diminuição nas exigências de proteína para ganho de peso com a elevação do peso do animal. Deste modo, torna-se de grande importância o adequado suprimento das exigências de energia e proteína visando proporcionar altos índices produtivos e econômicos, uma vez que a globalização tem proporcionado aumento na competitividade em todos os setores da economia, inclusive na pecuária de corte. Assim, em qualquer prática de manejo alimentar a ser adotada para os rebanhos, deve-se levar em consideração o conhecimento das exigências nutricionais dos animais nos diferentes estágios fisiológicos.

A energia e a proteína têm sido consideradas de grande importância na nutrição animal, visto a importância destes nutrientes para o desenvolvimento e também pelo fato dos mesmos serem responsáveis pela maior fração do custo da alimentação nos sistemas de produtividade. Geralmente, a maior proporção da energia utilizada pelos ruminantes provém da fermentação da fibra no rúmen (Van Soest, 1994). Do montante de energia disponível para produção em bovinos de corte, parte é utilizada para síntese de proteína e outra parte utilizada para síntese de gordura.

As exigências de proteína para os bovinos, são supridas pelo total de aminoácidos absorvidos no intestino (proteína metabolizável), resultantes do somatório entre a proteína

dietética e os aminoácidos da proteína microbiana. As exigências energéticas e protéicas para bovinos em crescimento e terminação estão relacionadas à relação músculo/gordura no ganho de peso e, segundo o NRC (1996), podem variar de acordo com a raça, peso, estágio fisiológico, condição sexual dos animais além de outros fatores como a taxa de ganho de peso e o uso de hormônios anabolizantes.

O NRC (1996) postula que raças de maior tamanho à maturidade (mais tardias para a deposição de tecido adiposo) apresentam, a uma mesma taxa de ganho, maiores teores de proteína em relação à gordura e maiores exigências de proteína para ganho de peso quando comparadas às raças de menor tamanho à maturidade e, deste modo, apresentam também menores exigências de energia e maiores exigências líquidas de proteína para ganho de peso. De forma semelhante, Toelle et al. (1986) verificaram influência do grupo genético sobre as exigências de proteína e energia para ganho de peso, sendo que, bovinos de menor peso à maturidade apresentavam maior elevação no teor gordura no ganho que os de maior tamanho à maturidade.

Com relação às exigências de proteína, Fontes (1995) verificou que os animais mestiços apresentaram maiores valores em comparação aos animais zebuínos (Nelore). Resultados semelhantes foram também observados por Lana et al. (1992), Pires et al. (1993), Estrada et al. (1997), Verás et al. (2000) e Almeida et al. (2001), que também verificaram decréscimos nas exigências líquidas de proteína e elevação nos teores de gordura no ganho e nas exigências de energia para ganho com a elevação do peso dos animais.

Silva et al. (2002a) compilando dados referentes a 14 pesquisas envolvendo 581 bovinos dos grupos genéticos: zebu, mestiços F1 Europeu x Zebu, mestiços leiteiros e

Holandês verificaram que os bovinos zebuínos apresentaram maior exigência de energia e menor exigência de proteína para ganho de peso.

Toelle et al. (1986) verificaram que o peso ao abate apresenta grande influência sobre a composição do ganho. O aumento nas exigências de energia para ganho de peso com a elevação do peso de abate está, segundo os autores, relacionada à maior deposição de gordura no ganho as quais apresentam maior equivalente calórico. Deste modo, quanto maior for a energia retida no ganho maior serão as exigências de energia para ganho de peso.

Fontes (1995) compilando vários resultados de pesquisa, envolvendo bovinos zebuínos e mestiços zebuino x taurino, verificou que as exigências de proteína para ganho decrescem com a elevação do peso corporal vazio do animal ao passo que o teor de gordura no ganho e as exigências de energia para ganho apresentam comportamento inverso. Com relação à condição sexual o autor constatou que animais não castrados apresentavam menor exigência líquida de energia e maior exigência líquida de proteína para ganho de peso que os animais castrados.

O NRC (1996) assume que o grande número de raças de bovinos utilizadas, a diversidade de cruzamentos, a utilização de agentes anabolizantes, a condição sexual dos animais, o sistema de alimentação e o sistema de classificação de carcaça utilizados na América do Norte faz com que os sistemas Europeus (ARC) e o Australiano (CSIRO), utilizados para estimar as exigências de energia e proteína, sejam impróprios às condições norte americanas. Da mesma, forma e por motivos semelhantes aos mencionados pelo NRC (1996), a utilização de sistemas estrangeiros para a determinação das exigências de energia e proteína não são apropriados para as condições tropicais o que justifica o desenvolvimento de pesquisas na área de exigências nutricionais a fim de se obter o maior

número de informações suficientes para a elaboração de tabela de exigências nutricionais de animais nas condições tropicais.

Desse modo, o conhecimento mais preciso da composição corporal e das exigências de energia e proteína para ganho de peso dos animais, bem como do valor nutricional dos alimentos, é de vital importância para o balanceamento de rações de mínimo custo, de forma a permitir o melhor aproveitamento do potencial genético dos animais de maneira economicamente viável e, deste modo, produzir alimento de excelente valor nutritivo e a um custo acessível para a maioria da população.

Objetivou-se com este trabalho estimar o conteúdo de gordura no ganho de peso bem como as exigências líquidas de proteína e energia para ganho de peso de bovinos de quatro grupos genéticos.

## **Material e Métodos**

A pesquisa foi conduzida no Instituto Melon de Estudos e Pesquisas localizado na Fazenda Barreiro situado no município de Silvânia, no estado de Goiás. As análises bromatológicas foram realizadas no Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa, MG.

Utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado em arranjo fatorial, com quatro níveis de adição de concentrados e quatro grupos genéticos. Utilizou-se 72 bovinos machos, inteiros, com idade inicial de 10 a 11 meses, pertencentes a quatro grupos genéticos, sendo eles: 18 Nelore, 18 F1 Nelore x Angus, 18 F1 Nelore x Pardo Suíço e 18 F1 Nelore x Simental com peso médio inicial de 286, 309, 333 e 310 kg, respectivamente. Foram utilizadas quatro proporções volumoso:concentrado correspondentes aos tratamentos T1, T2, T3 e T4 de modo que em cada tratamento foram agrupados três animais de cada grupo genético, perfazendo o total de 12 animais. Três animais de cada grupo genético foram alocados no grupo manutenção e receberam ração para atender suas exigências de manutenção. Outros três bovinos, de cada grupo genético, foram abatidos ao início do experimento e serviram de referência no estudo da composição corporal dos animais remanescentes. As rações foram formuladas de acordo com as recomendações propostas pelo NRC (1996). Encontram-se nas Tabelas 1 e 2 a composição dos concentrados e do feno utilizado na pesquisa bem como a composição das rações experimentais.

A ração experimental foi distribuída uma vez ao dia de modo a permitir sobras de 10 a 20% da quantidade ofertada. A quantidade de ração fornecida e as sobras foram registradas diariamente, coletando-se amostras de ração e sobras, individualmente, uma vez

por semana sendo que cada sete semanas de amostragem de sobras e de ração corresponderam a uma amostra representativa do período.

Tabela 1 – Análise bromatológica dos alimentos utilizados nas dietas experimentais, expressas na base da matéria seca, para as diferentes proporções volumoso:concentrado

Nutrientes	Proporção Volumoso:Concentrado nas Dietas				
	Feno	Conc. 30	Conc. 40	Conc. 60	Conc. 70
MS	83,83	89,49	89,37	89,25	89,20
PB	7,86	29,2	25,0	19,09	17,0
FDN	74,66	10,51	10,87	11,24	11,35
CHT	88,50	71,68	73,92	76,18	76,34
NDT	52,90	76,90	78,17	79,39	79,65
EE	0,68	3,00	3,17	3,34	3,38
MM	6,34	10,44	9,65	8,96	8,72

MS, PB, FDN, CHT, NDT, EE e MN expressos em porcentagem

Tabela 2 – Análise química das rações experimentais utilizadas pelos quatro grupos genéticos, expressas na base da matéria seca, para as diferentes proporções volumoso:concentrado

Nutrientes	Proporção Volumoso:Concentrado nas Dietas			
	70:30	60:40	40:60	30:70
MS	91,43	91,11	90,45	90,12
PB	14,3	14,7	14,6	14,3
FDN	51,83	46,08	34,56	28,82
CHT	83,35	82,59	81,07	79,96
NDT	60,1	63,0	68,8	71,6
EE	1,39	1,69	2,29	2,57
[EM]	2,17	2,28	2,49	2,59
MM	7,59	7,68	7,92	8,01

MS, PB, FDN, CHT, NDT, EE e MN expressos em porcentagem.  
[EM] determinada – expressa em kcal/kg de matéria seca.

A ração experimental foi distribuída uma vez ao dia de modo a permitir sobras de 10 a 20% da quantidade ofertada. A quantidade de ração fornecida e as sobras foram registradas diariamente, coletando-se amostras de ração e sobras, individualmente, uma vez por semana sendo que cada sete semanas de amostragem de sobras e de ração corresponderam a uma amostra representativa do período.

Paralelamente à pesquisa foi realizado um ensaio através do qual determinou-se os coeficientes de digestibilidade aparente e total. As determinações de MS, proteína bruta (PB), FDN, extrato etéreo (EE) e minerais foram feitas conforme técnicas descritas por Silva e Queiroz (2002). Os carboidratos totais (CHT) foram obtidos pela equação  $CHT (\%MS) = 100 - [PB (\%MS) + EE (\%MS) + MM (\%MS)]$  e os nutrientes digestíveis totais (NDT) foram obtidos pela equação  $NDT_{aparente} (g/dia) = (PB \text{ ração} - PB \text{ fezes}) + (CHT \text{ ração} - CHO \text{ fezes}) + 2,25 (EE \text{ ração} - EE \text{ fezes})$ , segundo Sniffen et al. (1992).

Antes do abate os animais foram submetidos a um período de jejum de 14 a 24 horas. Todos os animais, independentes de grupo genético, foram abatidos com peso vivo variando de 480 a 510 kg. De cada animal abatido, foram pesadas e coletadas amostras representativas dos órgãos, vísceras e da carcaça.

As carcaças foram pesadas no dia do abate realizando-se no mesmo dia a coleta de amostra representativa da carcaça esquerda, correspondente à secção da 9ª a 11ª, denominada secção HH. A partir das proporções de músculo, tecido adiposo e ossos na secção HH, determinou-se a proporção dos mesmos na carcaça, através das equações 1 a 3, descritas por Hankis e Howe (1946).

**Músculo:** Equação 1:  $Y = 16,08 + 0,80 X$ ;

**Tecido adiposo:** Equação 2:  $Y = 3,54 + 0,89 X$ ;

**Ossos:** Equação 3:  $Y = 5,52 + 0,57 X$ ; onde X é a % dos componentes na secção HH.

O peso de corpo vazio (PCV) dos animais foi determinado pela soma do peso da carcaça, sangue, cabeça, couro, pés, cauda, vísceras e órgãos. A relação entre o peso de corpo vazio (PCV) e peso vivo dos animais referência (AB) de cada grupo genético foi utilizada para estimar o PCV inicial dos animais remanescentes dos diversos grupos genéticos. Os conteúdos corporais de gordura (GO) e proteína bruta (PB) foram determinados em função das concentrações percentuais destes nos tecidos, órgãos, couro, sangue e amostra representativa da carcaça (secção HH). Foram determinados nos tecidos corporais de cada animal, os teores de matéria seca gordurosa (MSG) e água (AG). A MSG foi tratada com éter de petróleo a fim de extrair parte da gordura, obtendo-se assim a matéria seca pré-desengordurada (MSPD). Subtraindo-se a MSPD da MSG, obteve-se a gordura extraída no pré-desengorduramento. A partir da MSPD moída, foram realizadas análises de nitrogênio total, extrato etéreo e cinzas, conforme a técnica descrita por Silva e Queiroz (2002). Conhecendo-se o teor de MSPD dos tecidos corporais, foi possível determinar a composição da matéria natural. A determinação dos conteúdos corporais de energia foi realizada pelo produto dos conteúdos corporais de proteína e gordura pelos seus respectivos equivalentes calóricos, conforme na equação 4, proposta pelo (ARC, 1980).

Equação 4: **CE (Mcal)** = (5,6405X + 9,3929Y), onde

**CE** = conteúdo de energia, em kg;

**X** = proteína corporal, em kg;

**Y** = gordura corporal, em kg.

Para se estimar os conteúdos líquidos de energia, gordura e proteína retidas no corpo dos animais foram ajustadas equações de regressão do conteúdo corporal de energia e proteína em função do PCV, de acordo com a equação 5:

Equação 5:  $Y_{ij} = a.X_{ijk}^b + e_{ij}$  em que;

$Y_{ij}$  = Conteúdo total de energia (Mcal) ou proteína (kg) no corpo vazio, do animal j, do grupo genético i, pertencente ao tratamento k

$a$  = constante

$b_i$  = Coeficiente de regressão do conteúdo gordura, energia e proteína, em função do PCV

$X_{ijk}$  = Peso de corpo vazio, do animal j, do grupo genético i, do tratamento k

$e_{ijk}$  = Erro aleatório associado a cada observação

As exigências líquidas de energia e proteína para ganho de 1 kg de PCV foram obtidas pela derivada das equações de predição do conteúdo corporal de energia e proteína a partir da seguinte equação.

$Y' = a. b. X^{(b-1)}$  onde, a e b são coeficientes de regressão e X corresponde ao PCV dos animais.

Os dados obtidos foram analisados por meio de análises de regressão e variância por meio do programa computacional SAS (Statistical Analyses System, 1995), e os coeficientes de regressão testados pelo teste “F” ao nível de 5% de probabilidade.

Na comparação entre grupos genéticos, quanto à composição corporal e exigências de energia para manutenção, utilizou-se o teste de identidade de modelos não lineares, de acordo com técnica proposta por Regazzi (2003), para se verificar a possibilidade de usar um modelo em comum para todos os grupos genéticos ou um modelo para cada grupo

genético. O procedimento estatístico se baseia em testar as seguintes hipóteses:  $H_0^{(1)}$ :  $a_1=a_2=a_3=a_4$ ,  $H_a^{(1)}$ : pelo menos um  $a_i$  é diferente dos demais,  $H_0^{(2)}$ :  $b_1=b_2=b_3=b_4$ ,  $H_a^{(2)}$ : pelo menos um  $b_i$  é diferente dos demais,  $H_0^{(3)}$ :  $a_1=a_2=a_3=a_4$  e  $b_1=b_2=b_3=b_4$ ,  $H_a^{(3)}$ : Pelo menos uma igualdade é uma desigualdade.

## Resultados e Discussão

Encontram-se na Tabela 3 os parâmetros (**a** e **b**) das equações utilizadas para estimar o conteúdo de gordura no ganho, proteína (g/kg GPCV), e as exigências líquidas de energia para ganho de 1 kg de ganho de peso corporal vazio (GPCV), bem como seus coeficientes de determinação.

Tabela 3 – Equações de predição do conteúdo corporal de gordura no ganho (g/kg GPCV), das exigências de proteína (g/kg GPCV) e energia para ganho de peso de bovinos Nelore, F1 Nelore x Aberdeen Angus, F1 Nelore x Pardo Suíço e F1 Nelore x Simental com peso vivo variando de 250 a 550 kg.

Componentes	Equações	r <sup>2</sup>
Proteína	$Y' = 0,34444 \cdot X^{0,1458}$	0,94
Gordura	$Y' = 0,00447 \cdot X^{1,6711}$	0,91
Energia	$Y' = 0,3983 \cdot X^{0,41}$	0,93

O conteúdo gordura no GPCV e as exigências de proteína e energia para ganho PCV encontram-se na Tabela 4. Para conversão das exigências nutricionais de ganho de PCV em ganho de PV o adotou-se o fator 0,8793 o qual foi obtido a partir dos dados experimentais.

Tabela 5 – Conteúdo de gordura (Mcal/kg GPCV) e exigências de proteína (g/kg GPCV) e energia (Mcal/kg GPCV) para ganho de PCV de bovinos Nelore, F1 Nelore x Aberdeen Angus, F1 Nelore x Pardo Suíço e F1 Nelore x Simental com peso vivo variando de 250 a 550 kg.

PV (kg)	PCV (kg)	Proteína (g/kg GPCV)	Gordura (g/kg GPCV)	Energia (Mcal/kg GPCV)
250	228,9	156,0	286,3	3,7
300	272,8	152,0	322,1	4,0
350	316,8	148,8	356,1	4,2
400	360,8	146,0	388,6	4,5
450	404,7	143,5	419,7	4,7
500	448,7	141,4	449,8	4,9
550	492,7	139,5	449,8	5,1

O teste de identidade de modelos não lineares proposto por Regazzi (2003), indicou não haver diferenças entre grupos genéticos quanto às exigências nutricionais de proteína e energia bem como no teor de gordura no ganho de peso ao nível de 5% de probabilidade. Deste modo, adotou-se uma única equação para estimar o conteúdo de gordura no ganho bem como as exigências líquidas de proteína e energia para ganho de peso.

Como pode ser observado nas Tabelas 4 e 5, verifica-se um aumento nas exigências de energia para ganho e no conteúdo de gordura no ganho e redução nas exigências líquidas de proteína para ganho de peso com a elevação do PCV dos animais. Tal comportamento pode ser explicado pelo aumento progressivo na deposição de gordura no ganho, em detrimento da deposição de proteína, com a elevação do PCV dos animais.

Considerando a faixa de peso variando de 250 a 550 kg, verificou-se elevação de 57,1% no conteúdo de gordura no ganho e 37,8% nas exigências de energia para ganho de peso. Comportamento inverso foi verificado para exigências de proteína para ganho de peso as quais decresceram em 10,6% dentro da faixa de peso mencionada acima.

O aumento no teor de energia no ganho de peso (energia retida) também é influenciado pelo consumo de energia metabolizável e pelo ganho de peso conforme pode ser evidenciado pelas Figuras 1 e 2, respectivamente.

O modelo que mais se adequou para descrever graficamente o comportamento da energia retida em função do consumo de energia metabolizável foi o modelo linear (Figura 1) apesar deste ser diferente do modelo exponencial adotado por Ferrell e Jenkins (1998) e Vêras et al. (2000), os quais descrevem um aumento assintótico da ER em função do consumo de EM, que indica uma diminuição da eficiência de utilização da energia para ganho à medida que se eleva o CEM (Ferrell e Jenkins, 1998).

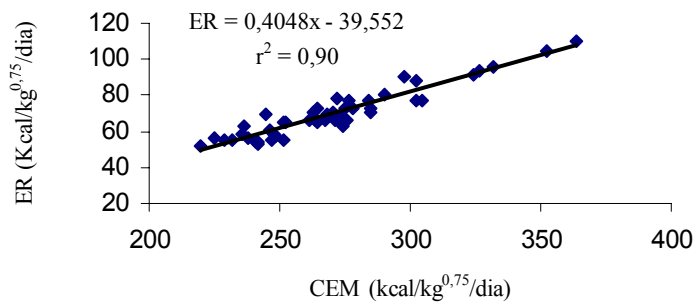


Figura 1 – Relação entre energia retida no ganho ( $\text{kcal/kg}^{0,75}/\text{dia}$ ) e consumo de energia metabolizável ( $\text{kcal/kg}^{0,75}/\text{dia}$ )

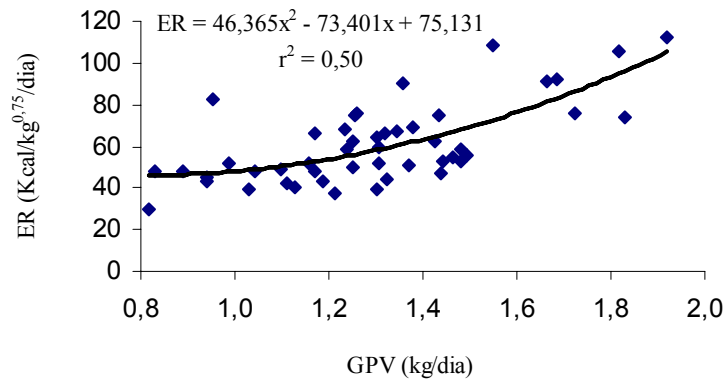


Figura 2 – Relação entre energia retida no ganho ( $\text{kcal/kg}^{0,75}/\text{dia}$ ) e o ganho de peso ( $\text{kg}/\text{dia}$ )

Quando analisado o comportamento da energia retida em função do ganho de peso, observa-se um aumento quadrático na energia retida com o aumento do ganho de peso. Tal comportamento pode ser associado ao maior conteúdo de gordura no ganho à medida que se eleva o ganho de peso (Figura 2) e está de acordo com os resultados obtidos por Berndt et al. (2002).

Para um bovino com peso vivo de 400 kg de peso vivo, as exigências líquidas de energia e proteína para ganho de peso foram estimadas em 4,5 Mcal/kgGPCV e 146g/kg GPCV, respectivamente (Tabela 5).

O comportamento das exigências de energia e proteína para ganho de peso pode ser explicado pelas modificações que ocorrem na curva de crescimento dos bovinos. Segundo Owens (1993) a curva de crescimento dos bovinos pode ser representada por uma sigmóide a qual apresenta duas fases distintas, estas fases caracterizam por apresentarem comportamentos bastante diferentes. Na primeira fase o crescimento é acelerado, às custas do desenvolvimento dos tecidos, ósseo e muscular ativado pela liberação de hormônios protéicos de crescimento, ocorrendo maior síntese de tecido muscular comparativamente ao tecido adiposo.

A segunda fase da curva de crescimento se caracteriza pela redução na intensidade de crescimento corporal iniciando uma intensificação na deposição de tecido adiposo. Esta taxa de deposição de gordura corporal tem sido influenciada também pela condição sexual sendo que fêmeas tendem a depositar maiores quantidades de gordura corporal com o aumento do peso e da idade que machos não castrados sendo os machos castrados intermediários comportamento inverso pode ser verificado para a taxa de deposição de proteína (Reid et al., 1980).

Além dos animais utilizados no presente estudo ser jovens (10 a 11 meses), o peso vivo inicial médio se encontrava acima do ponto onde, segundo Geay (1980), ocorre a máxima deposição de proteína. Desse modo, o decréscimo nas exigências de proteína, observado no presente estudo, pode estar relacionado à desaceleração no crescimento do tecido muscular. Por outro lado, redução na taxa de deposição de proteína, em bovinos, está

associada a aumentos no desenvolvimento do tecido adiposo, que representa elevação nas exigências de energia para ganho de peso com a elevação do peso vivo dos animais.

A elevação no conteúdo corporal de gordura, nas exigências de energia e redução nas exigências de proteína para ganho de peso com elevação do PCV foi, também verificadas por Fontes (1995), o qual verificou para mestiços zebuino x Taurino, elevação nas exigências líquidas de energia para ganho de 3,32 a 4,03 Mcal/ kg de ganho de PCV considerando o peso vivo de 300 e 450 kg, respectivamente. Tais resultados são inferiores aos obtidos no presente trabalho onde verifica-se exigências energéticas para ganho de peso de 4,0 e 4,7 Mcal, respectivamente, para a mesma faixa de peso mencionada acima. Entretanto, para bovinos da raça Nelore, o valor de exigência líquida para ganho de peso do presente estudo é 5,5% inferior ao valor estimado por Fontes (1995). Tal fato pode ser explicado, em parte, pelo menor teor de gordura corporal presente nos bovinos Nelore utilizados por Fontes (1995) em relação aos bovinos do grupo Nelore avaliados na presente pesquisa.

As exigências líquidas para proteína estimadas no presente estudo são inferiores às estimadas por Fontes (1995), que para a faixa de peso de 300 a 450 kg, obteve valores em conjunto para bovinos das raças Nelore e mestiços estimadas em 171 e 160 g/kg de ganho de PCV, respectivamente.

Considerando um bovino com peso de 450 kg, as exigências líquidas de proteína estimadas no presente trabalho (143,5g) são 4% inferior e 28% superior aos valores encontrados por Fontes (1995), para animais mestiços inteiros e castrados, respectivamente. Maior exigência de proteína em bovinos inteiros pode ser atribuída à maior capacidade de síntese protéica nos bovinos nestes em comparação aos animais castrados (NRC, 1996).

Comparativamente ao NRC (1996), verificou-se menor elevação nas exigências líquidas de energia para ganho (17,5 vs 35,6%) e menor redução nas exigências líquidas de proteína para ganho (5,92 vs 31,1%), para a faixa de peso entre 300 e 450 kg. Para um bovino de 450 kg, as exigências líquidas de energia e proteína estimadas no presente estudo são aproximadamente 7% inferior e 18 % superior aos valores estimados pelo NRC (1996). Tal comportamento pode ser atribuído, em parte, à condição sexual dos animais comparados em ambos os estudos.

McDonald et al. (1995) constataram grande influência do peso sobre as exigências para ganho de peso. Considerando a faixa de peso vivo inicial e final de 50 e 500 kg, verificou-se decréscimo de 22,65% (181 para 140g/kg ganho) nas exigências de proteína e aumento de 213 % (1,84 para 5,76 Mcal kg ganho) nas exigências líquidas de energia para ganho de peso. As exigências de proteína para ganho de peso, verificadas pelos autores, considerando o peso vivo de 500 kg são bastante próximas às obtidas no presente estudo (141,1 g/kg GPCV). Entretanto para exigências de energia observa-se que os valores obtidos no presente estudo é aproximadamente 15% inferior ao valor verificado pelos referidos autores.

De Campeneere et al. (2001) trabalhando com bovinos inteiros de musculatura dupla (Belgian Blue), verificaram comportamento inverso ao observado no presente estudo, ou seja, elevação nas exigências de proteína para ganho de peso com elevação do peso vivo do animal. Tal comportamento, segundo os autores, pode ser explicado pelo fato dos animais utilizados na pesquisa, se encontrarem na fase ascendente da curva de crescimento a qual é caracterizada por maiores acréscimos de tecido muscular em detrimento ao tecido adiposo.

Analisando dados referentes a 13 trabalhos da literatura nacional entre eles, Lana et al. (1992), Fontes (1995), Estrada et al. (1997), Ferreira et al. (1999), Paulino et al. (1999), Freitas et al. (2000), Vêras et al. (2000), Vêras et al. (2001), Silva et al. (2002), Veloso et al. (2002), Backes et al (2002), Backes et al (2002a), Almeida et al (2002) e Berndt et al (2002), verificou-se, para um bovino de 450 kg de peso vivo, exigências líquidas de energia e proteína para ganho de peso de  $4,2 \pm 0,7$  Mcal/kgGPCV e  $154 \pm 27$  g/ kgGPCV, respectivamente. Os valores de exigência líquida de energia e proteína para ganho de peso, obtidos no presente estudo se encontram dentro do intervalo estipulado para bovinos, em condições brasileiras. Quando as exigências obtidas no presente estudo são comparadas às exigências estabelecidas pelo NRC (1996), verifica-se uma maior discrepância, principalmente com relação às exigências de proteína, que foram aproximadamente 20% superiores.

## Conclusões

Para as condições do presente trabalho não foram verificadas diferenças significativas para exigências de energia e proteína líquidas para ganho de peso entre níveis de concentrado e grupos genéticos estudados. Deste modo bovinos zebuínos e mestiços apresentariam exigências líquidas de energia e proteína para ganho de peso semelhante, o que não está de acordo com o NRC (1996), o qual se preconiza maiores exigências de energia e proteína para ganho em bovinos de raças britânicas em comparação às raças zebuínas.

As exigências líquidas de energia e proteína para ganho de peso obtidas no presente estudo estão dentro do intervalo calculado a partir de dados da literatura nacional, para bovinos zebuínos e mestiços zebuínos x taurinos, em condições brasileiras.

As diferenças verificadas no comportamento das exigências líquidas de energia e proteína para ganho de peso entre o NRC (1996) e o presente estudo podem indicar que as exigências estimadas neste estudo não se ajustam às recomendações propostas pelo NRC (1996).

Considerando um bovino de 400 kg de PV, as exigências de energia e proteína para ganho de peso foram estimadas em 146 g/kg de GPCV e 4,5 Mcal/kg de GPCV.

## Referências Bibliográficas

- AGRICULTURAL RESEARCH COUNCIL-ARC. The **Nutrient Requirements of Farm Livestock**. England, Commonwealth Agricultural Bureaux, 350p. AGRICULTURAL AND FOOD RESEARCH COUNCIL - AFRC. 1993. Energy and protein requirements of ruminants. Wallingford: Commonwealth Agricultural Bureaux International. 1980. 159p.
- ALMEIDA, M.I.V.; FONTES, C.A.A.; ALMEIDA, F.Q. et al. Conteúdo Corporal e Exigências Líquidas de Energia e Proteína de Novilhos Mestiços Holandês-Gor em Ganho Compensatório. *Revista Brasileira de Zootecnia*. v.30, n.1, p.205-214, 2001.
- BACKES, A.A.; PAULINO, M.F.; ALVES, D.D. et al. Requisitos líquidos de energia para ganho de novilhos de três grupos raciais, confinados em sistema de engorda. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39., 2002, Recife. Anais...Recife: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2002. Anais CD room, 2002.
- BACKES, A.A.; PAULINO, M.F.; ALVES, D.D. et al. Composição corporal e requisitos líquidos de proteína para ganho de peso de novilhos de três grupos raciais, confinados em sistema de engorda. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39, 2002, Recife. Anais...Recife: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2002. Anais CD room, 2002a.
- BACKES, A.A.; SANCHEZ, L.M.B.; GONÇALVES, M.B.F. et al. Composição Corporal e Exigências Líquidas de Energia e Proteína Para Ganho de Peso de Novilhos Santa Gertudis. *Revista Brasileira de Zootecnia*. v.31, n.6, p.2307-2313, 2002.
- BERNDT, A.; HENRIQUE, W.; LEME, P.R. et al. Exigências Líquidas de Proteína e Energia Para Crescimento de Tourinhos Santa Gertrudis em Dietas de Alto Teor de Concentrado. *Revista Brasileira de Zootecnia*. v.31, n.5, p.2098-2104, 2002.
- De CAMPENEERE, S.; FIEMS, L.O.; BOUCQUÉ, V. Ch. Energy and protein Requirements of Belgian Blue Double-Muscle Bulls. *Animal Feed Science and Technology*. v.90, n.1, p.153-167, 2001.
- ESTRADA, L.H.C.; FONTES, C.A.A.; JORGE, A.M.; et al.. Exigências nutricionais de bovinos não castrados em confinamento. 1. Conteúdo corporal e exigências líquidas de proteína e energia para ganho de peso. *Revista Brasileira de Zootecnia*. v. 26, n.3, p.575-584, 1997.
- FERREIRA, M.A.; VALADARES FILHO, S.C.; COELHO DA SILVA, J.F. et al. Eficiência de utilização da energia metabolizável para ganho de peso e exigências de energia metabolizável e nutrientes digestíveis totais de bovinos F1 Simental x Nelore. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.28, n.2, p.368-387, 1998.

- FERRELL, C.L.; JENKINS, T.G. Body composition and energy utilization by steers of diverse genotypes fed a high concentrate diet during the finishing period: II. Angus, Boran, Brahman, Hereford and Tuli sires. **Journal of Animal Science**, v.76, p.647-657, 1998.
- FONTES, C.A.A. Composição corporal, exigências líquidas de nutrientes para ganho de peso e desempenho produtivo de animais zebuínos e mestiços europeu-zebu. Resultados experimentais. In: **SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS DE RUMINANTES**. 1995, Viçosa, MG. Anais..Viçosa, MG: p.419-455,1995.
- FREITAS, J.A.; FONTES, C.A.A.; SOARES, J.E.; et al. **Composição corporal e exigências de energia para manutenção de bovinos (zebuínos e mestiços) e bubalinos não castrados, em confinamento**..Arq. Ciên. Vet. Zool. UNIPAR, v.3, n.1, p-19-29, 2000.
- GEAY, Y. Energy and protein in growing cattle. **Journal of Animal Science**, v.58, n.3, p.766-778, 1984.
- HANKINS, O.G.; HOWE, P.E. Estimation of The Composition of beef carcasses and cuts. s.e.; USDA, 1946 (Technical bulletin, 926).
- LANA, R.P.; FONTES, C.A.A.; PERON, A.J. et al. Composição corporal e do ganho de peso exigências de energia, proteína e macrominerais (Ca, P, Mg, Na e K) de novilhos de cinco grupos raciais. I Conteúdo corporal e do ganho de peso em gordura, proteína e energia. *Revista Brasileira de Zootecnia*. v.21, n.3, p. 518-527,1992.
- LOFGREEN, G.P. e 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.
- McDONALD, P.; EDWARDS, R.A.; GREENHALGH, J.F.D. et al. **Animal nutrition**. 5 ed. Singapore: Longman, 1995. 607p.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - N.R.C. Subcommittee of Beef Cattle Nutrition. Nutrient requirements of beef cattle, 7a. ed. Washington, D.C.; 1996. 242 p.
- OWENS, F.N.; DUBESKI, P.; HANSON, C.F. Factors that alter growth and development of ruminants. **Journal of Animal Science**, v.71, p. 3138, 1993.
- 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.621-627,1999.
- PIRES, C.C.; FONTES, C.A.A.; GALVÃO, J.G. et al. Exigências nutricionais de bovinos em acabamento I Composição corporal e exigências de proteína e energia para ganho de peso. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.22, n.1, p.110-120, 1993.

- REID, J.T.; WHITE, D.; ANRIQUE, R. et al. Nutritional energetics of livestock: Some present boundaries of knowledge and future research needs. **Journal of Animal Science**. v.51, n.6, p.1393-1413, 1980.
- SAS. INSTITUTE.SAS/STAT. **User's Guide**. 11 ed. Cary:1995.
- SILVA, D.J. e QUEIROZ, A.C. **Análise de Alimentos (métodos químicos e biológicos)**. 3ed. Viçosa: UFV, 2002. 235p
- SILVA, F.F.; VALADARES FILHO, S.C.; ÍTAVO, L.C.V. et al. Composição corporal e requisitos energéticos e protéicos de Nelore, não castrados, alimentados com rações contendo diferentes níveis de concentrado e proteína. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.1, Sup.1, p.503-513, 2002.
- SNIFFEN, C.J., O'CONNOR, J.D., VAN SOEST, P.J. et al. A net carbohydrate and protein system for evaluation cattle diets.: II Carbohydrate and protein availability. **Journal of Animal Science**, v.70, n.11, p.3562-3577, 1992.
- TOELLE, V.D.; TESS, M.W.; JOHNSON, T. et al. Lean and fat patterns of serially slaughtered beef bulls fed different energy levels. **Journal of Animal Science**. v.63, n.8, p.1347-1360, 1986.
- VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2. Ed. Ithaca: Cornell University, 1994. 476p.
- VELOSO, C.M.; VALADARES FILHO, S.C.; GESUALDI Jr. 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**, v.31, n.3, p.1286-1293, 2002.
- VÉRAS, A.S.C.; VALADARES FILHO, S.C.; COELHO DA SILVA, J.F. et al. Composição corporal e requisitos energéticos e protéicos de Nelore, não castrados, alimentados com rações contendo diferentes níveis de concentrado. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.6, supl.2, p.2379-2389, 2000.
- VÉRAS, A.S.C.; VALADARES FILHO, S.C.; COELHO DA SILVA, J.F. 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**, v.30, n.3, supl.1, p.1127-1134, 2001.

## **Eficiência Líquida de Utilização da Energia Metabolizável em Bovinos de Quatro Grupos Genéticos**

**RESUMO** - Objetivou-se com esse trabalho estimar as eficiências de utilização da energia metabolizável para manutenção ( $K_m$ ) e para ganho de peso ( $K_g$ ) de bovinos de quatro grupos genéticos. Utilizou-se 72 bovinos machos, não castrados, com idade inicial de 10 a 11 meses e pertencentes a quatro grupos genéticos com peso médio inicial de 286, 309, 333 e 310 kg. Utilizou-se quatro proporções volumoso:concentrado e em cada tratamento foram agrupados três animais de cada grupo genético. O consumo de energia metabolizável de manutenção ( $CEM_m$ ), expresso em  $Kcal/kg^{0,75}$ , correspondeu ao ponto no qual o coeficiente entre a produção de calor de jejum (PCj) e os CEM foram mais próximos de 1. As eficiências de utilização da EM para manutenção ( $K_m$ ) foi estimada pela divisão entre a produção de calor em jejum e o  $CEM_m$ . A eficiência de utilização da EM para ganho de peso foi estimada pela regressão entre a energia retida ( $Kcal/kg^{0,75}$ ) e o  $CEM_g$ . As exigências de EM foram obtidas dividindo-se as exigências líquidas pelo valor de  $K_m$ . Não se verificou diferença significativa para  $K_m$  e  $K_g$  em função dos grupos genéticos e dos níveis de concentrado na ração. O valor obtido para  $K_m$  e  $K_g$  foi 0,67 e 0,40, respectivamente. As exigências de EM para ganho ( $EEM_g$ ) e de EM total ( $EEM_t$ ) aumentaram com a elevação do peso vivo. Por outro lado, as  $EEM_t$  e  $EEM_g$ , por unidade de PCV, decresceram com a elevação do peso vivo indicando uma maior eficiência de utilização da energia metabolizável com a elevação do peso vivo dos animais. Para um bovino de 400 kg PV as exigências de EM e de NDT foram estimadas em 21,07 Mcal/dia e 4,79 kg, respectivamente.

Palavras chave: bovinos, energia, eficiência, manutenção, ganho.

## Net Efficiency of Metabolizable Energy Utilization in Bovines From four Genetic Groups

**ABSTRACT** - The objective of this work was to estimate the metabolizable energy efficiency of utilization (MEEU) for maintenance ( $K_m$ ) and for weight gain ( $K_g$ ) of bovine from four genetic groups. Seventy- two young bulls, with average age between 10 and 11 months and from four genetic groups with initial average weight of 286, 309, 333 and 310 kg. Four forage to concentrate ratio was used and in each treatment three animals from each genetic group were grouped. The metabolizable maintenance energy intake (MMEI), expressed in  $Kcal/kg^{0.75}$ , corresponded to the point in which the coefficient between fasting heat production (FHP) and the (MMEI) were closer to 1. The MEEU for maintenance ( $K_m$ ) were estimated by the division among the fast heat production and  $MEI_m$ . The MEEU for gain ( $K_g$ ) was estimated by the regression of the retained energy ( $Kcal/kg^{0.75}$ ) and  $MEI_g$ . The ME requirements were obtained dividing the net energy requirement for the  $K_m$  value. No significant difference was verified for  $K_m$  and  $K_g$  in function of the genetic group and level of concentrate in the ration. The value obtained for  $K_m$  and  $K_g$  was 0.67 and 0.40, respectively. The ME requirements of for gain ( $MER_g$ ) and the total ME requirements ( $MER_t$ ) increased as live weight increased. However, the requirement of  $ME_t$  and  $ME_g$ , per unit of EBW, decreased with the increase of live weight indicating a larger efficiency of metabolizable energy utilization with the increased of live weight the animals. For a bovine of 400 kg LW the requirement of ME and TDN were estimated in 21.07 Mcal/day and 4.79kg, respectively.

Key words: bovines, energy, efficiency, gain, maintenance.

## Introdução

A energia pode ser definida como a capacidade de realizar trabalho (Kleiber, 1975), sendo esta exigida para todos os processos vitais e sua deficiência manifesta-se pela falta de crescimento, falhas na reprodução e perda de reservas corporais reduzindo, assim, a produtividade animal, sendo o atributo alimentar que mais limita a produtividade animal e sua utilização pelos seres vivos tem sido alvo de inúmeros estudos de importância na zootecnia. Dentre os animais de interesse zootécnico, os ruminantes são os que apresentam menor eficiência de utilização da energia do alimento para a produção de carne (Philips, 2001).

A energia contida nos alimentos é denominada de energia bruta (EB) podendo ser expressa em calorias (cal) ou em joules (J). Tal energia é liberada na forma de calor quando os alimentos são completamente oxidados. O valor da EB dos nutrientes varia entre 3,8 e 9,4 kcal/g para glicose e gordura, respectivamente (Brody, 1945). Por outro lado, quando consideramos somente os alimentos utilizados na alimentação de ruminantes este valor varia entre 2,0 e 4,0 kcal/grama (Garrett, 1980).

A energia líquida constitui a fração da energia ingerida que está disponível para o animal, podendo ser utilizada para as atividades de manutenção e de produção (crescimento corporal, do conceito e produção de leite). A quantidade de energia líquida disponível para as atividades de manutenção e produção, bem como a quantidade de energia dissipada na forma de calor é dependente da energia metabolizável dos alimentos.

Nos bovinos destinados à produção de carne, as exigências de energia de manutenção podem corresponder a 70% das exigências totais da energia exigida pelos animais (NRC, 1996), sendo que esta energia de manutenção envolve os gastos com a manutenção da

homeotermia, pressão sanguínea, tônus muscular, atividade cardíaca, transmissão de impulsos nervosos, transporte de íons através de membranas, ingestão de alimentos, locomoção, etc. O restante da energia líquida é então utilizado para a síntese de tecidos, proteína e gordura (Ferrell e Jenkins, 1985), sendo denominada energia líquida de ganho.

A eficiência de utilização da energia para produção nos animais consiste em como a energia contida nos alimentos é retida na forma de produto animal (carne, gordura, leite, etc). Tal eficiência pode variar em função da composição da ração, composição do ganho de peso (taxa de deposição de proteína e gordura), grupo genético, taxa do ganho, ambiente dentre outros, pode também variar de acordo com o estágio de crescimento dos animais (Kleiber, 1975).

Segundo Blaxter (1962), a energia metabolizável pode ser utilizada com diferentes eficiências para os diversos processos fisiológicos (manutenção, gestação, crescimento, engorda, lactação e trabalho).

O NRC (1984) postula que a eficiência líquida ou parcial de utilização da energia metabolizável para manutenção varia de 57,6 a 68,6% e para ganho de peso varia de 29 a 47,3%, considerando a concentração de EM das rações de 2,0 e 3,2 Mcal/kg de MS, respectivamente. Segundo Garrett (1980) a eficiência de utilização da energia metabolizável para manutenção ( $K_m$ ) pode ser expressa pela razão entre a produção de calor de jejum e o consumo de energia metabolizável de manutenção. Por outro lado, a eficiência de utilização da EM para ganho de peso ( $K_g$ ) é definida como a razão entre a exigência líquida para ganho e o consumo de EM para ganho.

Segundo Geay et al. (1984), a eficiência de utilização da energia metabolizável para deposição de gordura decresce à medida que se eleva o teor de fibra da dieta ou quando a metabolizabilidade diminui. Segundo os autores, a metabolizabilidade do alimento pode ser

descrita como o quociente entre a EM e a energia bruta dos alimentos. Para o mesmo consumo de EM, dietas contendo maiores valores de  $q$  (0,64 e 0,69) proporcionam maior ganho de peso, maior retenção de gordura e proteína que as dietas com menores valores (0,49 e 0,54) e também maior eficiência de utilização da EM para manutenção e ganho. Dietas ricas em concentrado e com mesmo valor de “ $q$ ” proporcionam aumento na retenção de energia com o aumento no CEM, entretanto este aumento foi menor para bovinos inteiros que para novilhas.

A eficiência energética para síntese de proteína e tecido adiposo responde por boa parte da variação na eficiência líquida de utilização da energia. A síntese de gordura é energeticamente mais eficiente (60 a 80%) que a síntese de proteína (10 a 40%). A grande variação nas estimativas das eficiências de utilização da EM para síntese de proteína e gordura advém, em parte, da grande variação na composição das rações e conseqüentemente, nos produtos finais da digestão (Garrett, 1980). Sundstol et al. (1980) verificaram que carneiros alimentados com silagem de gramínea apresentaram eficiência de utilização da energia para manutenção de 0,57, ao passo que os animais recebendo gramínea juntamente com concentrado apresentaram valor para eficiência de 0,75, . Por outro lado, o valor atribuído à eficiência de utilização da energia metabolizável para ganho de peso ( $k_f$ ) para as mesmas dietas foram de 0,41 e 0,50, respectivamente.

Considerando a curva normal de crescimento de bovinos e com base nos resultados de Geay (1984), que verificou maior eficiência de utilização da energia para síntese de gordura comparativamente à síntese de proteína, pode-se afirmar que na fase inicial de crescimento ocorre menor eficiência de utilização da energia metabolizável para ganho de peso comparando à segunda fase da curva de crescimento, onde ocorre a desaceleração do crescimento.

Levando em consideração que a retenção de energia pode ser feita sobre a forma de proteína ou de gordura, diferentes percentuais de cada componente no total de energia retida correspondem à diferentes eficiências de utilização da energia (Ferrell e Jenkins, 1998).

Old e Garrett (1985) desenvolvendo trabalhos na área de bioenergética animal verificaram maior eficiência de utilização da energia metabolizável para deposição de gordura (0,58) que para deposição de proteína (0,11). Neste, e em vários outros trabalhos científicos envolvendo eficiência de utilização de energia, tem sido constatada grande variação da composição corporal dos animais em função da idade e do grupo genético.

No Brasil, vários trabalhos têm sido conduzidos no intuito de estimar as exigências energéticas dos bovinos dentre eles Lana et al. (1992), Pires et al. (1993), Estrada et al.(1997), Freitas (2000) e Backes et al. (2002). Entretanto, torna-se de extrema importância o conhecimento da eficiência com que a energia metabolizável é utilizada para manutenção ( $K_m$ ) ou ganho ( $K_g$ ) pelos bovinos de corte para se obter as exigências dietéticas de energia metabolizável.

Objetiva-se com este estudo estimar a eficiência de utilização da energia metabolizável para manutenção e ganho de peso de bovinos de quatro grupos genéticos submetidos a quatro níveis nutricionais.

## **Material e Métodos**

A pesquisa foi conduzida no Instituto Melon de Estudos e Pesquisas localizado na Fazenda Barreiro situado no município de Silvânia, no estado de Goiás. As análises bromatológicas foram realizadas no Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa, MG.

Utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado em arranjo fatorial, com quatro níveis de adição de concentrados e quatro grupos genéticos. Utilizou-se 72 bovinos machos, inteiros, com idade inicial de 10 a 11 meses, pertencentes a quatro grupos genéticos, sendo eles: 18 Nelore, 18 F1 Nelore x Angus, 18 F1 Nelore x Pardo Suíço e 18 F1 Nelore x Simental com peso médio inicial de 286, 309, 333 e 310 kg, respectivamente. Foram utilizadas quatro proporções volumoso:concentrado correspondentes aos tratamentos T1, T2, T3 e T4 de modo que em cada tratamento foram agrupados três animais de cada grupo genético, perfazendo o total de 12 animais. Três animais de cada grupo genético foram alocados no grupo manutenção e receberam ração para atender suas exigências de manutenção. Outros três bovinos, de cada grupo genético, foram abatidos ao início do experimento e serviram de referência no estudo da composição corporal dos animais remanescentes. As rações foram formuladas de acordo com as recomendações propostas pelo NRC (1996). Encontram-se nas Tabelas 1 e 2 a composição dos concentrados e do feno utilizado na pesquisa bem como a composição das rações experimentais.

A ração experimental foi distribuída uma vez ao dia de modo a permitir sobras de 10 a 20% da quantidade ofertada. A quantidade de ração fornecida e as sobras foram registradas diariamente, coletando-se amostras de ração e sobras, individualmente, uma vez

por semana sendo que cada sete semanas de amostragem de sobras e de ração corresponderam a uma amostra representativa do período.

Tabela 1 – Análise bromatológica dos alimentos utilizados nas dietas experimentais, expressas na base da matéria seca, para as diferentes proporções volumoso:concentrado

Nutrientes	Proporção Volumoso:Concentrado nas Dietas				
	Feno	Conc. 30	Conc. 40	Conc. 60	Conc. 70
MS	83,83	89,49	89,37	89,25	89,20
PB	7,86	29,2	25,0	19,09	17,0
FDN	74,66	10,51	10,87	11,24	11,35
CHT	88,50	71,68	73,92	76,18	76,34
NDT	52,90	76,90	78,17	79,39	79,65
EE	0,68	3,00	3,17	3,34	3,38
MM	6,34	10,44	9,65	8,96	8,72

MS, PB, FDN, CHT, NDT, EE e MN expressos em porcentagem

Tabela 2 – Análise química das rações experimentais utilizadas pelos quatro grupos genéticos, expressas na base da matéria seca, para as diferentes proporções volumoso:concentrado

Nutrientes	Proporção Volumoso:Concentrado nas Dietas			
	70:30	60:40	40:60	30:70
MS	91,43	91,11	90,45	90,12
PB	14,3	14,7	14,6	14,3
FDN	51,83	46,08	34,56	28,82
CHT	83,35	82,59	81,07	79,96
NDT	60,1	63,0	68,8	71,6
EE	1,39	1,69	2,29	2,57
[EM]	2,17	2,28	2,49	2,59
MM	7,59	7,68	7,92	8,01

MS, PB, FDN, CHT, NDT, EE e MN expressos em porcentagem.  
[EM] determinada – expressa em kcal/kg de matéria seca.

A ração experimental foi distribuída uma vez ao dia de modo a permitir sobras de 10 a 20% da quantidade ofertada. A quantidade de ração fornecida e as sobras foram registradas diariamente, coletando-se amostras de ração e sobras, individualmente, uma vez por semana sendo que cada sete semanas de amostragem de sobras e de ração corresponderam a uma amostra representativa do período.

Paralelamente à pesquisa foi realizado um ensaio através do qual determinou-se os coeficientes de digestibilidade aparente e total. As determinações de MS, proteína bruta (PB), FDN, extrato etéreo (EE) e minerais foram feitas conforme técnicas descritas por Silva e Queiroz (2002). Os carboidratos totais (CHT) foram obtidos pela equação  $CHT (\%MS) = 100 - [PB (\%MS) + EE (\%MS) + MM (\%MS)]$  e os nutrientes digestíveis totais (NDT) foram obtidos pela equação  $NDT_{aparente} (g/dia) = (PB \text{ ração} - PB \text{ fezes}) + (CHT \text{ ração} - CHO \text{ fezes}) + 2,25 (EE \text{ ração} - EE \text{ fezes})$ , segundo Sniffen et al. (1992).

Antes do abate os animais foram submetidos a um período de jejum de 14 a 24 horas. Todos os animais, independentes de grupo genético, foram abatidos com peso vivo variando de 480 a 510 kg. De cada animal abatido, foram pesadas e coletadas amostras representativas dos órgãos, vísceras e da carcaça.

As carcaças foram pesadas no dia do abate realizando-se no mesmo dia a coleta de amostra representativa da carcaça esquerda, correspondente à secção da 9ª a 11ª, denominada secção HH. A partir das proporções de músculo, tecido adiposo e ossos na secção HH, determinou-se a proporção dos mesmos na carcaça, através das equações 1 a 3, descritas por Hankis e Howe (1946).

**Músculo:** Equação 1:  $Y = 16,08 + 0,80 X$ ;

**Tecido adiposo:** Equação 2:  $Y = 3,54 + 0,89 X$ ;

**Ossos:** Equação 3:  $Y = 5,52 + 0,57 X$ ; onde X é a % dos componentes na secção HH.

O peso de corpo vazio (PCV) dos animais foi determinado pela soma do peso da carcaça, sangue, cabeça, couro, pés, cauda, vísceras e órgãos. A relação entre o peso de corpo vazio (PCV) e peso vivo dos animais referência (AB) de cada grupo genético foi utilizada para estimar o PCV inicial dos animais remanescentes dos diversos grupos genéticos. Os conteúdos corporais de gordura (GO) e proteína bruta (PB) foram determinados em função das concentrações percentuais destes nos tecidos, órgãos, couro, sangue e amostra representativa da carcaça (secção HH). Foram determinados nos tecidos corporais de cada animal, os teores de matéria seca gordurosa (MSG) e água (AG). A MSG foi tratada com éter de petróleo a fim de extrair parte da gordura, obtendo-se assim a matéria seca pré-desengordurada (MSPD). Subtraindo-se a MSPD da MSG, obteve-se a gordura extraída no pré-desengorduramento. A partir da MSPD moída, foram realizadas análises de nitrogênio total, extrato etéreo e cinzas, conforme a técnica descrita por Silva e Queiroz (2002). Conhecendo-se o teor de MSPD dos tecidos corporais, foi possível determinar a composição da matéria natural. A determinação dos conteúdos corporais de energia foi realizada pelo produto dos conteúdos corporais de proteína e gordura pelos seus respectivos equivalentes calóricos, conforme na equação 4, proposta pelo (ARC, 1980).

Equação 4: **CE (Mcal)** = (5,6405X + 9,3929Y), onde

**CE** = conteúdo de energia, em kg;

**X** = proteína corporal, em kg;

**Y** = gordura corporal, em kg.

Para se estimar os conteúdos líquidos de energia, gordura e proteína retidas no corpo dos animais foram ajustadas equações de regressão do conteúdo corporal de energia e proteína em função do PCV, de acordo com a equação 5:

Equação 5:  $Y_{ij} = a.X_{ijk}^b + e_{ij}$  em que;

$Y_{ij}$  = Conteúdo total de energia (Mcal) ou proteína (kg) no corpo vazio, do animal j, do grupo genético i, pertencente ao tratamento k

$a$  = constante

$b_i$  = Coeficiente de regressão do conteúdo gordura, energia e proteína, em função do PCV

$X_{ijk}$  = Peso de corpo vazio, do animal j, do grupo genético i, do tratamento k

$e_{ijk}$  = Erro aleatório associado a cada observação

O consumo de energia metabolizável de manutenção ( $CEM_{mant}$ ) foi determinado levando em consideração o ponto de equilíbrio onde a produção de calor ( $kcal/kg^{0,75}/dia$ ) foi igual ao consumo de energia metabolizável ( $kcal/kg^{0,75}/dia$ ), seguindo a metodologia utilizada por Garrett (1980). Obteve-se o consumo de matéria seca de manutenção, expresso em g MS/kg  $kg^{0,75}$ , dividindo-se o  $CEM_{mant}$  pela concentração de energia metabolizável ( $kcal/kg$  MS) da ração, de cada tratamento.

O teor de energia líquida de manutenção, de cada tratamento foi obtido pela razão entre a produção de calor de jejum ( $kcal/kg^{0,75}$ ) pelo consumo de energia metabolizável de manutenção, expresso em (g MS/kg<sup>0,75</sup>). O CEM necessário para ganho foi obtido subtraindo-se o  $CEM_{total}$  do  $CEM_{mant}$ . Por sua vez, a eficiência de utilização da energia metabolizável para ganho de peso foi determinada pela razão entre a  $EL_{ganho}$  e o  $CEM_{ganho}$ .

Estimou-se a eficiência de utilização da energia para manutenção ( $K_m$ ) pela razão entre a produção de calor de jejum ( $\text{kcal/kg}^{0,75}$ ) e o consumo de energia metabolizável necessário para as atividades metabólicas basais, segundo técnica proposta por Garrett (1980).

O consumo de matéria seca de ganho foi obtido pela diferença entre o consumo de matéria seca total ( $\text{g MS/kg}^{0,75}$ ) e o consumo de matéria seca de manutenção ( $\text{g MS/kg}^{0,75}$ ), obtido para cada ração. A concentração de energia líquida de ganho da ração (ELg) foi obtida pelo quociente entre a energia diária retida no ganho (ER), expressa em  $\text{kcal/kg}^{0,75}$ , pelo consumo de matéria seca acima das necessidades de manutenção, dado em  $\text{g MS/kg}^{0,75}$  segundo técnica descrita por Garrett (1980).

A eficiência de utilização da energia para ganho ( $K_g$ ) foi pelo coeficiente de inclinação (b) da equação de regressão da energia retida (ER) sobre o CEM para ganho segundo técnica descrita por Ferrell e Jenkins (1998).

As comparações entre equações de regressão da ER em função do CEM para ganho para os diferentes grupos genéticos e níveis de concentrado na ração foram realizados pelos teste de identidade dos modelos de regressão linear, proposto por Graybill (1976). Na análise de variância utilizou-se o teste “F” em nível de 5% de probabilidade.

As exigências de energia metabolizável para manutenção e ganho de peso podem ser obtidas pela divisão entre as exigências líquidas de energia de manutenção e ganho pelas respectivas eficiências de utilização da energia para manutenção e ganho de peso. As exigências de energia digestível, por sua vez podem ser obtidas multiplicando-se a energia metabolizável pelo fator 0,82 e o NDT foi obtido pela divisão da EM por 4,409, segundo descrito pelo (NRC, 1996).

## Resultados e Discussão

As exigências diárias de energia metabolizável e de nutrientes digestíveis totais para ganho de peso ( $EM_g$  e  $NDT_g$ ) e energia metabolizável e NDT total ( $EM_t$  e  $NDT_t$ ), são apresentadas na Tabela 3.

Tabela 3 – Exigências de energia líquida e metabolizável para ganho de 1 kg de PCV ( $EM_g$ ), NDT para ganho ( $NDT_g$ ) e  $NDT_{total}$  (manutenção e ganho), para bovinos, em confinamento dos grupos Nelore, F1 Nelore x Aberdeen Angus, F1 Nelore x Pardo Suíço e F1 Nelore x Simental, tomados em conjunto.

PV (kg)	Nelore				
	$EL_g$ (Mcal/dia)	$EM_g$ (Mcal/dia)	$NDT_g$ (kg/dia)	$EM_t$ (Mcal/dia)	$NDT_{total}$ Kg/dia
250	3,7	9,25	2,56	16,24	4,50
300	4,0	10,00	2,77	17,96	4,08
350	4,2	10,50	2,91	19,41	4,41
400	4,5	11,25	3,12	21,07	4,79
450	4,7	11,75	3,26	22,45	5,10
500	4,9	12,25	3,40	23,82	5,41
550	5,1	12,75	3,53	25,15	5,72

Verificou-se elevação nas exigências de EM para ganho e nas exigências de EM totais com a elevação do PCV (Figura 1). Por outro lado, as exigências de EM para ganho de peso e exigência de EM totais quando expressas por kg de PCV, decresceram com a elevação do PCV (Figura 2). Este comportamento pode ser explicado pelo fato de ocorrer uma elevação na eficiência de utilização da energia para ganho de peso ( $K_g$ ), com o aumento do PCV. Tal fato está associado à maior deposição de gordura no ganho com aumento do PCV, e levando-se em consideração a maior eficiência de utilização da EM para síntese de gordura do que para síntese de proteína (Garrett, 1980).

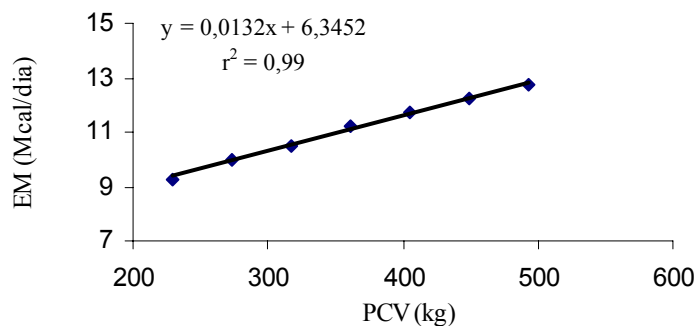


Figura 1 – Variação nas exigências de EM, em função do PCV.

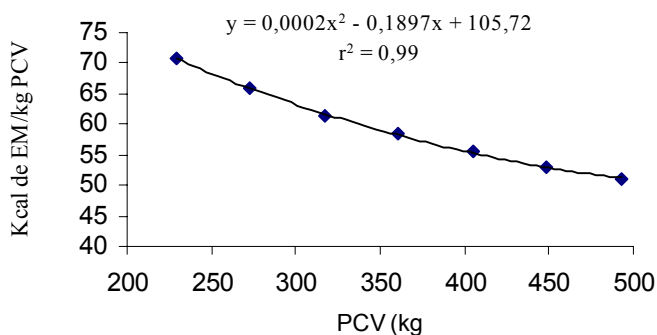


Figura 2 – Exigências de EM (kcal) por unidade de PCV em função do PCV.

Considerando um bovino de 400 kg de PV e ganho de 1 kg/dia as exigências totais de EM, obtidas no presente estudo, foram de 21,1 Mcal/dia. Tal valor está contido dentro do intervalo calculado a partir dos trabalhos de Lana et al. (1992), Estrada et al. (1997), Ferreira et al. (1999), Paulino et al. (1999), Freitas et al. (2000), Veloso et al. (2002) e Silva et al. (2002), de  $20,6 \pm 3,1$  Mcal/dia.

A estimativa do conteúdo ELM e ELG das rações utilizadas no presente estudo com concentração de EM entre 2,17 e 2,59 Mcal/kg de MS foram de 1,46; 0,90 e 1,74; 1,08, respectivamente. Utilizando-se a fórmula proposta pelo NRC (1996), a qual estima as ELM

e ELg em função da EM da ração, obtém-se para rações com a mesma concentração de EM utilizada no presente estudo os valores de 1,31; 0,74 e 1,69; 1,07 para ELM e ELg, respectivamente. Conforme pode ser observado os valores do presente estudo são bem próximos para ELg, por outro lado, para os valores de ELM as diferenças são maiores provavelmente devido às variações na eficiência de utilização da energia para manutenção preconizada entre o NRC (0,65), para dietas com concentração de EM de 2,6 e o valor de 0,67 obtido no presente estudo. O valor de ELM obtido no presente trabalho para ELM (1,74 Mcal/kg de MS) é de aproximadamente 37% superior ao obtido por Vêras et al. (2000), (1,27 Mcal/kg de MS) que verificaram para  $K_m$ , o valor de 0,56.

Os valores de consumo de energia metabolizável para manutenção e ganho ( $CEM_m$  e  $CEM_g$ ), consumo de matéria seca para manutenção e ganho ( $CMS_m$  e  $CMS_g$ ), concentração de energia líquida de manutenção e ganho ( $[EL_m]$  e  $[EL_g]$ ) bem como os valores de  $K_m$  e  $K_g$  em função dos tratamentos são apresentados nas Tabelas de 5 a 7.

Tabela 5 - Produção de calor de jejum ( $PC_j$ ), consumo de energia metabolizável de manutenção ( $CEM_{Mant}$ ), e eficiência de utilização da EM para manutenção para os quatro grupos Genéticos tomados em geral.

Intervalo de confiança da $PC_j$	$PC_j$ (Kcal/ kg <sup>0,75</sup> )	$CEM_{Mant}$ (Kcal/ kg <sup>0,75</sup> )	$K_m$
Estimativa Pontual	79,45	118	0,67
Limite inferior	74,89	118	0,63
Limite superior	86,50	118	0,73

Tabela 6 – Teor de NDT, concentração de energia líquida da ração, consumo de matéria seca de manutenção ( $CMS_{mant}$ ) e concentração de energia líquida e manutenção ( $[EL_m]$ ) em função dos tratamentos.

Trat	NDT (% na MS)	[EL] Kcal/kg MS	CMS mant g/kgPCV <sup>0,75</sup>	[ELm] kcal/kgMS
1	60,2	2,17	54,38	1,46
2	63,1	2,28	51,75	1,54
3	68,98	2,49	47,39	1,68
4	71,7	2,59	45,56	1,74

Tabela 7 - Concentração de energia metabolizável da ração ( $[EM]$ ), consumo de energia metabolizável de ganho ( $CEM_{ganho}$ ), consumo de matéria seca de ganho ( $CMS_{ganho}$ ), energia retida (ER), concentração de energia líquida de ganho ( $[ELg]$ ) em função dos tratamentos.

Trat	[EM] kcal/kg MS	CEM ganho Kcal/kg <sup>0,75</sup> /dia	CMS ganho g/kg <sup>0,75</sup> /dia	ER Kg <sup>0,75</sup> /dia	[ELg] Mcal/kgMS
1	2,17	148,53	68,45	61,59	0,90
2	2,28	158,53	69,53	67,56	0,97
3	2,49	184,1	73,94	76,62	1,04
4	2,59	177,06	68,36	73,5	1,08

No presente estudo, o valor estimado para  $K_m$  não variou em função do grupo genético e nem em função do tratamento. Tal resultado é semelhante ao obtido por Ferrell e Jenkins (1998), que também não verificaram variações para  $K_m$ , em função de grupo genético e nível nutricional, verificando para  $K_m$  o valor de 0,67. Valor de  $K_m$  próximo aos obtido no presente estudo foi também constatado por Veloso et al. (2002) que verificaram para  $K_m$  o valor de 0,68. Silva et al (2002), trabalhando com bovinos do grupo Nelore obtiveram valor de  $K_m$  de 0,63, que se encontra dentro da amplitude obtida no presente estudo (0,63 a 0,73).

As variações no valor de  $K_m$  podem estar relacionadas ao grupo genético (NRC 1996; Ferrell e Jenkins, 1998) e também devido à características intrínsecas à ração como metabolizabilidade da ração (Coelho da Silva e Leão, 1979).

Segundo ARC (1980) o valor de  $K_m$  pode variar de 0,71 a 0,79, sendo a metabolizabilidade da ração um dos fatores responsáveis pela variação na eficiência de utilização da EM para manutenção.

O intervalo de variação de  $K_m$  (0,53 e 0,61) verificado por Araújo et al. (1998) se encontra abaixo do intervalo verificado no presente estudo, provavelmente devido ao fato dos autores utilizarem, em seu estudo, animal mais novo que os utilizados no presente estudo, os quais apresentam maior síntese e maior taxa de renovação protéica e, conseqüentemente, maiores gastos de energia para a atividade de manutenção, por unidade de massa.

Encontram-se nas Tabelas 8 e 9 os parâmetros das equações de regressão linear entre a energia retida (ER) e consumo de energia metabolizável (CEM) bem como os respectivos coeficientes de determinação em função dos grupos genéticos e também dos níveis de concentrado na ração.

Ao aplicar o teste de identidade de modelos lineares (Graybill, 1976) foi verificado que não houve efeito significativo do grupo genético e nem de tratamento sobre a eficiência de utilização da energia metabolizável para ganho de peso ( $K_g$ ) sendo para a estimativa pontual de  $K_g$  o valor de 0,40 e para os limites inferior e superior os valores de 0,36 e 0,44, respectivamente.

O intervalo de confiança para  $K_g$ , obtido no presente estudo, está contido dentro do intervalo de 0,29 a 0,63, relatado por Coelho da Silva e Leão (1979). Segundo o ARC (1980) tal variação pode estar relacionada à concentração de energia metabolizável das dietas conforme a fórmula:  $K_g = 0,30 + 0,81.qm$ , onde,  $qm$  é a metabolizabilidade da ração. O valor de  $K_g$  (0,29 a 0,63) apresenta maior variação que o valor de  $K_m$  e pode variar em

função da concentração de energia metabolizável da dieta conforme a fórmula:  $K_m = 54,6 + 0,30.qm$ .

Tabela 8 – Parâmetros das equações de regressão linear entre a energia retida (ER) e consumo de energia metabolizável (CEM) bem como os respectivos coeficientes de determinação em função do grupo genético.

Grupo genético	a	b	r <sup>2</sup>
Nelore	-1,4201	0,4222	0,86
F1 Nelore x A.Angus	4,703	0,3971	0,87
F1 Nelore x P. Suíço	4,5914	0,3909	0,90
F1 Nelore x Simental	7,4284	0,3678	0,87
Geral	2,1817	0,4048	0,90

Tabela 9 – Parâmetros das equações de regressão linear entre a energia retida (ER), consumo de energia metabolizável (CEM) bem como os respectivos coeficientes de determinação em função do tratamento.

Tratamentos	a	B	r <sup>2</sup>
T1	14,064	0,3197	0,77
T2	17,749	0,3142	0,59
T3	3,8492	0,3953	0,84
T4	- 4,287	0,4393	0,97

O resultado obtido no presente estudo para  $K_g$ , também se encontra dentro dos valores preconizados pelo NRC (1984) que é de 0,30 a 0,47 e, segundo o conselho, parte das variações no valor de  $K_g$  são atribuídas à mudanças na concentração de EM da ração. Por outro lado, não foram detectadas variações no valor de  $K_g$  em função da concentração de EM da ração não foram detectadas no presente estudo.

A estimativa pontual de  $K_g$ , obtida no presente estudo, foi superior aos resultados obtidos por Signoretti et al. (1999) que verificaram valores de 0,1 a 0,39. Tal comportamento pode, em parte, ser explicado pelo fato de que os animais utilizados no presente estudo apresentavam maior grau de maturidade fisiológica comparado aos animais utilizados por Signoretti et al. (1999) e desde modo, apresentam maior eficiência de ganho devido, principalmente, à maior deposição de gordura no ganho de peso e de acordo com

Garrett (1980), o processo de deposição de gordura é energeticamente mais eficiente que o processo de deposição de proteína.

## **Conclusões**

Não foram verificadas diferenças entre grupos genéticos e nem entre níveis de inclusão de concentrado na dieta para  $K_m$  e  $K_g$  que apresentaram valores pontuais de 0,67 e 0,40, respectivamente.

A redução nas exigências de EM de ganho, por unidade PCV, em função do peso corporal, verificada no presente estudo, indica que há maior eficiência de utilização da energia metabolizável com elevação do peso.

## Referências Bibliográficas

- AGRICULTURAL RESEARCH COUNCIL-ARC. The nutrient requirements of farm livestock. England, Commonwealth Agricultural Bureaux, 1980. 350p.
- ARAÚJO, G.G.L.; SILVA, J.F.C.; VALADARES FILHO, S.C. et al. Composição corporal e exigências líquidas de energia e proteína de bezerros alimentados com diferentes níveis de volumoso. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.27, n.5, p.1013-1022, 1998.
- BACKES, A.A.; SANCHEZ, L.M.B.; GONÇALVES, et al. Composição Corporal e Exigências Líquidas de Energia e Proteína Para Ganho de Peso de Novilhos Santa Gertudis. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.31, n.6, p.2307-2313, 2002.
- BLAXTER, K.L. **Energy metabolism of ruminants**. London, Hutchinson, 1962. 329p.
- BRODY, S. **Bioenergetics and growth with special reference to the efficiency complex in domestic animals**. New York: Reinhold Publishing Corporation, 1945. 1023p.
- COELHO DA SILVA, J.F.; LEÃO, M.I. **Fundamentos de nutrição dos ruminantes**. Piracicaba, Livrocere, 1979. 380p.
- ESTRADA, L.H.C.; FONTES, C.A.A.; JORGE, A.M. et al. Exigências nutricionais de bovinos não castrados em confinamento.1. Conteúdo corporal e exigências líquidas de proteína e energia para ganho de peso. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.26, n.3, p.575-584, 1997.
- FERREIRA, M.A.; VALADARES FILHO, S.C.; COELHO DA SILVA, J.F. et al. Eficiência de utilização da energia metabolizável para ganho de peso e exigências de energia metabolizável e nutrientes digestíveis totais de bovinos F1 Simental x Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.28, n.2, p.368-387, 1999.
- FERRELL, C.L.; JENKINS, T.G. Cow tipe and the nutritional environment: Nutritional aspects. **Journal of Animal Science**, v.61, n.3, p.725-741, 1985.
- FERRELL, C.L.; JENKINS, T.G. Body composition and energy utilization by steers of diverse genotypes fed a high concentrate diet during the finishing period: II. Angus, Boran, Brahman, Hereford and Tuli sires. **Journal of Animal Science**, v.76, n.1, p.647-657, 1998.
- FREITAS, J.A.; FONTES, C.A.A.; SOARES, J.E.; et al. **Composição corporal e exigências de energia para manança de bovinos (zebuínos e mestiços) e bubalinos não castrados, em confinamento**. Arq. Ciên. Vet. Zool. UNIPAR, v.3, n.1, p-19-29, 2000.
- GARRETT, W.N. Factors influencing energetic efficiency of beef production **Journal of Animal Science**, v.51, n.6, p.1434-1440, 1980.

- GEAY, Y.; ROBELIM, J.; VERMOREL, M. Influence of the metabolizable energy content of the diet on energy utilization for growth in bulls and heifers In: **The Energy Symposium**. Cambridge, p.9-12, 1980.
- GEAY, Y. Energy and protein in growing cattle. **Journal of Animal Science**, v.58, n.3, p.766-778, 1984.
- GRAYBILL, F.A. Theory and application of the linear model. Massachussters, Duxburg Press, 1976. 704 p.
- HANKINS, O.G.; HOWE, P.E. Estimation of the composition of beef carcasses and cuts; USDA, 1946 (Technical bulletin, 926).
- KLEIBER, M. **The fire of life an introduction to animal energetics**. 2nd ed. New York, Robert E. Krieger Publishing Company, 1975. 453p.
- LANA, R.P.; FONTES, C.A.A.; PERON, A.J. et al.. Composição corporal e do ganho de peso exigências de energia, proteína e macrominerais (Ca, P, Mg, Na e K) de novilhos de cinco grupos raciais. II Exigências de energia e proteína. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.21, n.3, p.528-537, 1992.
- NATIONAL RESEARCH CONCIL – NRC. **Nutrient requirement of beef cattle**. 6<sup>a</sup>. Ed.; Washington, DC. 1984. 90p.
- NATIONAL RESEARCH CONCIL - NRC. Subcommittee of beef cattle nutrition. (Washington, DC, USA). **Nutrient requirement of beef cattle**. 7. Ed.; Washington: National Academy Press, 1996. 242p.
- OLD, C.A.; GARRETT, W.N. Efficiency of feed energy utilization for protein and fat gain in Hereford and Charolais steers. **Journal of Animal Science**, v.60, n.3, p.766-771, 1985.
- 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.621-627, 1999.
- PHILLIPS, C.J.C. **Principles of Cattle Nutrition**. Cabi International, Ilustr. 2001. 269p.
- PIRES, C.C.; FONTES, C.A.A.; GALVÃO, J.G. et al. Exigências nutricionais de bovinos em acabamento I Composição corporal e exigências de proteína e energia para ganho de peso. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.22, n.1, p.110-120, 1993.
- REGAZZI, J.A. Teste para verificar a identidade de modelos de parâmetros e a identidade de modelos de regressão não linear. **Pesquisa Ceres**. v.50, n.287, p.9-26, 2003.
- SAS. INSTITUTE. SAS/STAT. **User's Guide**. 11 ed. Cary: 1995.

- SILVA, D.J. e QUEIROZ, A.C. **Análise de Alimentos (métodos químicos e biológicos)**. 3ed. Viçosa: UFV, 2002. 235p
- SIGNORETTI, R.D.; SILVA, J.F.C.; VALADARES FILHO, S.C. et al. Composição corporal e exigências líquidas de energia e proteína de bezerros da raça Holandesa alimentados com dietas contendo diferentes níveis de volumoso. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.28, n.1, p.195-204, 1999.
- SILVA, F.F.; VALADARES FILHO, S.C.; ÍTAVO, L. C.V. 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 Nelore não castrados. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.1, suplemento 1, p.514-529, 2002.
- SNIFFEN, C.J.; O'CONNOR, J.D.; VAN SOEST, P.J. et al. A net carbohydrate and protein system for evaluation cattle diets: II Carbohydrate and protein availability. **Journal of Animal Science**, v.70, n.11, p.3562-3577, 1992.
- SUNDSTOL, F.; EKERN, A.; LINGVALL, P. et al. Energy utilization in sheep fed grass silage and hay. 1980. In: **The Energy Symposium**. Cambridge, p.17-21,1980.
- VELOSO, C.M.; VALADARES FILHO, S.C.; GESUALDI Jr. 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**, v.31, n.3, p.1286-1293, 2002.

## Apêndice

QUADRO 1 – Peso vivo em jejum (PVj) e peso de corpo vazio (PCV) de bovinos de quatro grupos genéticos, submetidos a quatro níveis de concentrado na ração.

G.G	CAT	PVj	PCV
1	1	258,9	230,9
1	1	323,0	289,1
1	1	272,8	243,6
1	2	376,0	324,6
1	2	346,0	306,5
1	2	432,0	376,2
1	3	484,0	439,2
1	3	504,0	449,2
1	3	454,0	404,4
1	4	461,0	420,2
1	4	483,0	441,1
1	4	476,0	429,5
1	5	478,0	445,1
1	5	476,0	448,9
1	5	476,0	437,9
1	6	475,0	451,4
1	6	464,0	443,1
1	6	446,0	412,3
2	1	241,2	241,4
2	1	297,5	285,3
2	1	266,9	272,8
2	2	369,0	318,8
2	2	368,0	322,7
2	2	387,0	336,2
2	3	495,0	429,8
2	3	498,0	435,9
2	3	462,0	398,0
2	4	479,0	418,1
2	4	458,0	407,2
2	4	462,0	404,8
2	5	464,0	429,3
2	5	481,0	438,4
2	5	484,0	436,1
2	6	475,0	440,7
2	6	475,0	426,5
2	6	477,0	452,4

3	1	378,5	346,0
3	1	278,0	260,3
3	1	281,7	269,2
3	2	363,0	316,0
3	2	442,0	375,9
3	2	333,0	286,1
3	3	462,0	398,8
3	3	486,0	434,8
3	3	464,0	398,6
3	4	506,0	443,5
3	4	482,0	434,5
3	4	498,0	450,9
3	5	464,0	405,1
3	5	465,0	405,8
3	5	461,0	411,3
3	6	506,0	452,8
3	6	481,0	435,1
3	6	524,0	465,7
4	1	227,6	207,5
4	1	361,2	327,8
4	1	290,3	258,5
4	2	331,0	290,9
4	2	412,0	360,0
4	2	475,0	410,9
4	3	470,0	420,4
4	3	474,0	423,7
4	3	470,0	421,3
4	4	454,0	412,3
4	4	472,0	412,7
4	4	476,0	426,2
4	5	468,0	424,3
4	5	470,0	418,6
4	5	481,0	455,4
4	6	463,0	430,3
4	6	493,0	458,8
4	6	506,0	467,0

GG1 – Nelore, GG2 – F1 Nelore x Aberdeen, GG3- F1 Nelore x Pardo Suíço ,  
GG4 – F1 Nelore Simental. CAT1 – Abate inicial , CAT2 – manutenção, CAT3 – *ad libitum* 1  
(30% concentrado), CAT4 -*ad libitum*2 (40 % de concentrado), CAT5 -*ad libitum*3 (60 % de  
concentrado), CAT5 -*ad libitum*4 (70 % de concentrado).

QUADRO 2 – Peso de corpo vazio (PCV), Conteúdo corporal de proteína (PROT), gordura (GORD) e energia (ENERGIA) de bovinos de quatro grupos genéticos, submetidos a quatro níveis de concentrado na ração.

G.G	CAT	PCV	PROT (kg)	GORD (kg)	ENERGIA (Mcal)
1	1	230,9	42,7	46,3	675,8
1	1	289,1	53,1	58,6	849,8
1	1	243,6	44,6	49,8	718,7
1	2	324,6	55,9	77,8	1045,3
1	2	306,5	53,2	71,5	971,2
1	2	376,2	63,9	91,3	1218,6
1	3	439,2	72,1	109,5	1435,5
1	3	449,2	74,7	114,7	1498,8
1	3	404,4	69,8	103,1	1362,4
1	4	420,2	65,8	123,8	1533,6
1	4	441,1	66,2	136,6	1657,0
1	4	429,5	66,8	129,2	1590,4
1	5	445,1	72,4	134,7	1673,5
1	5	448,9	77,4	133,2	1687,1
1	5	437,9	73,5	128,6	1622,3
1	6	451,4	67,2	135,5	1651,9
1	6	443,1	66,3	132,4	1617,3
1	6	412,3	62,0	122,8	1503,1
2	1	241,4	42,3	51,8	724,9
2	1	285,3	49,6	61,8	860,3
2	1	272,8	47,3	59,5	825,4
2	2	318,8	54,3	65,2	918,1
2	2	322,7	55,0	67,1	940,3
2	2	336,2	57,2	69,9	978,9
2	3	429,4	70,0	114,6	1470,8
2	3	435,9	73,5	114,7	1491,5
2	3	398,0	66,6	101,3	1326,7
2	4	418,1	74,0	110,8	1457,5
2	4	407,2	70,5	109,9	1430,0
2	4	404,8	67,0	106,6	1379,7
2	5	429,3	71,6	118,7	1518,7
2	5	438,4	74,6	122,8	1574,0
2	5	436,1	71,1	121,5	1542,2
2	6	440,7	70,4	131,1	1628,9
2	6	426,5	68,1	122,3	1532,9
2	6	452,4	74,8	131,1	1653,9

3	1	346,0	61,7	62,9	938,7
3	1	260,0	47,2	45,6	693,9
3	1	269,2	48,9	46,8	714,8
3	2	316,0	58,8	69,5	984,1
3	2	375,9	68,7	72,3	1066,4
3	2	286,1	51,8	55,7	815,2
3	3	398,8	70,5	82,4	1171,7
3	3	434,8	77,4	102,2	1396,4
3	3	398,6	69,0	94,0	1272,1
3	4	443,5	74,9	104,2	1400,7
3	4	434,5	75,4	102,7	1389,5
3	4	450,9	77,9	105,9	1434,0
3	5	405,1	68,5	95,7	1285,3
3	5	405,8	68,9	95,2	1282,5
3	5	411,3	72,0	93,9	1288,1
3	6	452,8	80,8	114,6	1531,8
3	6	435,1	75,8	110,1	1461,5
3	6	465,7	79,0	118,7	1559,9
4	1	207,5	35,2	39,2	566,3
4	1	327,8	55,0	62,4	896,1
4	1	258,6	44,4	47,3	694,1
4	2	290,9	51,4	60,7	860,2
4	2	360,0	62,6	76,6	1072,6
4	2	410,9	71,2	85,9	1207,8
4	3	420,4	66,0	96,3	1276,5
4	3	423,7	64,1	95,7	1260,9
4	3	421,3	68,8	96,7	1296,1
4	4	412,2	71,2	100,5	1345,2
4	4	412,7	72,3	101,2	1358,0
4	4	426,2	72,0	103,8	1381,3
4	5	424,3	69,6	114,6	1469,3
4	5	418,6	72,4	112,7	1466,5
4	5	455,4	71,9	124,3	1573,3
4	6	430,3	73,9	114,4	1491,7
4	6	458,8	77,5	121,6	1579,5
4	6	467,0	76,4	124,3	1598,1

GG1 – Nelore, GG2 – F1 Nelore x Aberdeen, GG3- F1 Nelore x Pardo Suíço ,GG4 – F1 Nelore Simental. CAT1 – Abate inicial , CAT2 – manutenção, CAT3 – *ad libitum* 1 (30% concentrado), CAT4 -*ad libitum*2 (40 % de concentrado), CAT5 -*ad libitum*3 (60 % de concentrado), CAT5 -*ad libitum*4 (70 % de concentrado).

QUADRO 3 – Peso de corpo vazio (PCV), peso metabólico (PM), consumo de energia metabolizável (CEM) e produção de calor (PC), de bovinos de quatro grupos genéticos, submetidos a quatro níveis de concentrado na ração.

G.G	CAT	PCV Kg	PM kg <sup>0,75</sup>	CEM (kcal/utm/dia)	PC (kcal/utm/dia)
1	2	324,6	76,5	135,5	121,4
1	2	306,5	73,3	137,4	124,4
1	2	376,2	85,4	142,2	128,2
1	3	439,2	95,9	232,1	188,7
1	3	449,2	97,6	246,0	202,9
1	3	404,4	90,2	251,1	221,1
1	4	420,2	92,8	264,5	219,6
1	4	441,1	96,3	284,2	236,3
1	4	429,5	94,4	241,5	182,8
1	5	445,1	96,9	290,0	227,3
1	5	448,9	97,5	274,1	209,6
1	5	437,9	95,7	324,5	258,8
1	6	451,4	97,9	262,5	210,5
1	6	443,1	96,6	247,3	180,2
1	6	412,3	91,5	228,8	181,2
2	2	318,8	75,5	150,7	131,2
2	2	322,7	76,1	140,6	126,3
2	2	336,2	78,5	151,4	135,5
2	3	429,8	94,4	267,6	215,0
2	3	435,9	95,4	248,5	193,1
2	3	398,0	89,1	252,4	198,1
2	4	418,1	92,5	272,0	209,9
2	4	407,2	90,7	244,8	186,7
2	4	404,8	90,3	285,0	243,0
2	5	429,3	94,3	261,4	208,8
2	5	438,4	95,8	297,8	223,5
2	5	436,1	95,4	302,3	196,3
2	6	440,7	96,2	363,7	287,6
2	6	426,5	93,9	326,4	217,7
2	6	452,4	98,1	271,4	223,3
3	2	316,0	75,0	149,4	129,6
3	2	375,9	85,4	154,6	133,8
3	2	286,1	69,6	149,7	130,6
3	3	398,8	89,2	275,2	237,5
3	3	434,8	95,2	275,9	226,0
3	3	398,6	89,2	251,7	169,2
3	4	443,5	96,6	284,8	193,0
3	4	434,5	95,2	236,2	192,1
3	4	450,9	97,9	270,2	222,7
3	5	405,1	90,3	302,5	211,5
3	5	405,8	90,4	304,3	228,0

3	5	411,3	91,3	332,0	242,0
3	6	452,8	98,2	277,7	208,4
3	6	435,1	95,3	273,3	223,9
3	6	465,7	100,3	352,1	239,6
4	2	290,9	70,4	138,7	123,5
4	2	360,0	82,7	140,4	124,6
4	2	410,9	91,3	140,4	124,5
4	3	420,4	92,8	263,4	224,2
4	3	423,7	93,4	220,0	180,7
4	3	421,3	93,0	237,6	197,0
4	4	412,3	91,5	248,1	196,4
4	4	412,7	91,6	272,6	204,0
4	4	426,2	93,8	235,6	183,6
4	5	424,3	93,5	267,9	192,9
4	5	418,6	92,5	264,7	189,4
4	5	455,4	98,6	225,0	177,0
4	6	430,3	94,5	240,7	181,0
4	6	458,8	99,1	276,7	210,7
4	6	467,0	100,5	241,5	191,1

GG1 – Nelore, GG2 – F1 Nelore x Aberdeen, GG3- F1 Nelore x Pardo Suíço ,GG4 – F1 Nelore Simental. CAT1 – Abate inicial , CAT2 – manutenção, CAT3 – *ad libitum* 1 (30% concentrado), CAT4 -*ad libitum*2 (40 % de concentrado), CAT5 -*ad libitum*3 (60 % de concentrado), CAT5 -*ad libitum*4 (70 % de concentrado).

QUADRO 4 – Consumo de energia metabolizável total (CEMt ), consumo de energia metabolizável para ganho de peso (CEMg) e energia retida no ganho de peso de bovinos de quatro grupos genéticos, submetidos a quatro níveis de concentrado na ração.

G.G	CAT	CEMt (kcal/utm/dia)	CEMg (kcal/utm/dia)	ERg (kcal/utm/dia)
1	3	232,1	129,0	55,3
1	3	246,0	142,9	60,4
1	3	251,1	148,0	55,2
1	4	264,6	161,4	73,1
1	4	284,2	181,1	77,32
1	4	241,5	138,4	52,8
1	5	290,0	186,9	80,12
1	5	274,1	171,0	62,5
1	5	324,5	221,4	91,52
1	6	262,5	159,4	70,2
1	6	247,3	144,2	54,98
1	6	228,8	125,7	55,68
2	3	267,6	164,5	65,8
2	3	248,5	145,4	57,8
2	3	252,4	149,3	65,45
2	4	272,0	168,9	77,85
2	4	244,8	141,7	69,8
2	4	285,0	181,9	72,45
2	5	261,4	158,3	66,57
2	5	297,8	194,7	90
2	5	302,3	199,2	76,78
2	6	363,7	260,6	110,2
2	6	326,4	223,3	93,5
2	6	271,4	168,3	66,35
3	3	275,2	172,1	72,5
3	3	275,9	172,8	66,5
3	3	251,7	148,6	65
3	4	284,8	181,7	70,45
3	4	236,2	133,1	62,5
3	4	270,2	167,1	70,5
3	5	302,5	199,4	88,54
3	5	304,3	201,2	77,36
3	5	332,0	228,9	95,7
3	6	277,7	174,6	73,21
3	6	273,3	170,2	67,1
3	6	352,1	249,0	105,1
4	3	263,4	160,3	66,3
4	3	220,0	116,9	52,4
4	3	237,6	134,5	56,47
4	4	248,1	145,0	58,7

4	4	272,6	169,5	66,8
4	4	235,6	132,5	58,41
4	5	267,9	164,8	69,5
4	5	264,7	161,6	65,1
4	5	225,0	121,9	55,8
4	6	240,7	137,6	54,2
4	6	276,7	173,6	77,5
4	6	241,5	138,4	54,03

GG1 – Nelore, GG2 – F1 Nelore x Aberdeen, GG3- F1 Nelore x Pardo Suíço ,GG4 – F1 Nelore Simental.. CAT3 – *ad libitum* 1 (30% concentrado), CAT4 -*ad libitum*2 (40 % de concentrado), CAT5 -*ad libitum*3 (60 % de concentrado), CAT5 -*ad libitum*4 (70 % de concentrado).

QUADRO 5 – Peso de corpo vazio (PCV), ganho de peso vivo (GPv), ganho de peso corporal vazio (GPCV) e energia retida no ganho de peso de bovinos de quatro grupos genéticos, submetidos a quatro níveis de concentrado na ração.

G.G	CAT	PCV	GPv	GPCV	ER
1	3	439,2	1,2	1,0	43,4
1	3	449,2	0,9	0,8	43,2
1	3	404,4	0,8	0,7	30,1
1	4	420,2	0,9	0,8	45,0
1	4	441,1	1,0	0,9	47,9
1	4	429,5	1,2	1,1	58,7
1	5	445,1	1,4	1,3	62,7
1	5	448,9	1,3	1,1	64,5
1	5	437,9	1,3	1,2	65,8
1	6	451,4	1,0	0,9	52,1
1	6	443,1	1,3	1,2	67,1
1	6	412,3	0,8	0,7	47,6
2	3	429,8	1,5	1,3	52,6
2	3	435,9	1,5	1,3	55,4
2	3	398,0	1,5	1,3	54,3
2	4	418,1	1,3	1,1	62,2
2	4	407,2	1,5	1,3	58,1
2	4	404,8	1,1	1,0	42,0
2	5	429,3	1,4	1,3	52,6
2	5	438,4	1,8	1,6	74,3
2	5	436,1	1,8	1,6	105,9
2	6	440,7	1,3	1,1	76,2
2	6	426,5	1,6	1,4	108,7
2	6	452,4	0,9	0,8	48,1
3	3	398,8	1,2	1,1	37,7
3	3	434,8	1,3	1,1	49,9
3	3	398,6	1,0	0,8	82,6
3	4	443,5	1,7	1,5	91,8
3	4	434,5	1,3	1,2	44,1
3	4	450,9	1,4	1,3	47,4
3	5	405,1	1,7	1,5	91,0
3	5	405,8	1,7	1,5	76,3
3	5	411,3	1,4	1,2	90,0
3	6	452,8	1,4	1,2	69,2
3	6	435,1	1,1	1,0	49,4
3	6	465,7	1,9	1,7	112,5
4	3	420,4	1,0	0,9	39,2

4	3	423,7	1,3	1,1	39,2
4	3	421,3	1,1	1,0	40,6
4	4	412,3	1,2	1,0	51,7
4	4	412,7	1,2	1,1	68,6
4	4	426,2	1,3	1,2	52,1
4	5	424,3	1,3	1,1	75,1
4	5	418,6	1,4	1,3	75,3
4	5	455,4	1,2	1,0	48,1
4	6	430,3	1,3	1,2	59,6
4	6	458,8	1,2	1,0	66,1
4	6	467,0	1,4	1,2	50,4

GG1 – Nelore, GG2 – F1 Nelore x Aberdeen, GG3- F1 Nelore x Pardo Suíço ,GG4 – F1 Nelore Simental.. CAT3 – *ad libitum* 1 (30% concentrado), CAT4 -*ad libitum*2 (40 % de concentrado), CAT5 -*ad libitum*3 (60 % de concentrado), CAT5 -*ad libitum*4 (70 % de concentrado).