

PEDRO VEIGA RODRIGUES PAULINO

DESEMPENHO, COMPOSIÇÃO CORPORAL E EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS DE
BOVINOS NELORE DE DIFERENTES CLASSES SEXUAIS

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

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2006

PEDRO VEIGA RODRIGUES PAULINO

DESEMPENHO, COMPOSIÇÃO CORPORAL E EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS
DE BOVINOS NELORE DE DIFERENTES CLASSES SEXUAIS

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

APROVADA: 12 de maio de 2006

Prof. Mário Fonseca Paulino
(Conselheiro)

Prof^a. Rilene Ferreira Diniz Valadares
(Conselheira)

Prof. Edenio Detmann

Prof. Roberto Daniel Sainz
(Co-Orientador)

Prof. Sebastião de Campos Valadares Filho
(Orientador)

DEDICATÓRIA

À minha mãe, que, apesar de ausente fisicamente, me dá forças pra continuar buscando os meus sonhos e atingir meus objetivos.

Ao meu pai, meu porto seguro, meu amigo, que sempre me apoiou em tudo que fiz e que sempre está ao meu lado. Sempre preocupado, me deu forças pra atingir mais essa etapa.

Aos meus irmão, Emílio e Zé, pela amizade verdadeira, pela companhia nos momentos difíceis e pela certeza de que posso contar com eles sempre.

À Tia Marina, minha segunda mãe, tão dedicada, preocupada e solidária com todos nós.

Aos meus primos Ricardo e família e Casito, por sempre me darem força, apoio e pela grande amizade.

À tia Mariza, Antônio e meus primos (Zé Maria, Tuíco, Candinha e Zezé) por terem sido e serem presença muito importante em minha vida.

À Tia Wilsônia e tio Warton, sempre atenciosos e carinhosos.

À Leonor Capanema e toda família pela acolhida sempre carinhosa.

A toda a minha família, pelo apoio.

AGRADECIMENTO

A Deus, pela vida e pela força que me sustenta.

À Universidade Federal de Viçosa, sobretudo ao Departamento de Zootecnia, por desenvolver o ensino da Zootecnia no Brasil, e por ter possibilitado a realização deste curso.

Ao CNPq, pelo financiamento do projeto de pesquisa e pela concessão de bolsa de estudo.

À CAPES, pela bolsa de Doutorado Sanduíche.

Ao Prof. Sebastião de Campos Valadares Filho, pela confiança, amizade, orientação, apoio e dedicação ao longo de todos esses anos. Serei sempre grato!

Ao Prof. Roberto Daniel Sainz, por ter me aceitado no doutorado sanduíche nos Estados Unidos, contribuindo para que eu realizasse um dos sonhos de minha vida. Pela amizade, companheirismo, prontidão em colaborar sempre e pela ajuda no desenvolvimento da minha tese.

Ao Professores Mário Fonseca Paulino e Rilene Ferreira Diniz Valadares, pela amizade, ensinamentos, e pela disposição sempre simpática em ajudar e cooperar no que for preciso.

À Prof^ª. Maria Ignez Leão, pelas palavras sempre bem colocadas, pelo apoio, pela amizade, pelo companheirismo e convívio sempre muito prazeroso.

Ao Prof. Edênio Detmann, pela amizade, pelo exemplo de dedicação, pela ajuda indispensável e pelas dicas sempre muito bem esclarecedoras.

Aos Prof. Aloízio Soares Ferreira, pelo companheirismo, pela amizade e pela companhia nos congressos da vida.

Aos Professores Odilon, Augusto César (Miudinho) e Juquinha, pela amizade e pelos ensinamentos.

Aos demais professores do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa, pela contribuição indispensável à minha formação acadêmica.

Ao Zezé, Marcelo Cardoso, Joécio e “Pum”, pela ajuda sempre bem-vinda, pelo agradável convívio, pela amizade construída e pelos momentos de descontração na cozinha. Especialmente ao Zezé, que mais do que nunca continua sempre sofrendo com o seu Atlético, ainda mais agora, rebaixado para a segunda divisão. E que lá permaneça!!

Aos Funcionários do Abatedouro do DZO/UFV, Nuvanor, Sérvulo, Vicente e Graça, pela ajuda valiosa durante momentos cruciais do trabalho de pesquisa.

Aos funcionários do Laboratório de Nutrição Animal do DZO/UFV, Fernando, Monteiro, Wellington, Vera, Valdir, Mário (Solano), pelo auxílio em situações chave e pelo agradável convívio.

Aos funcionários administrativos do DZO/UFV, especialmente, Adilson, Celeste, Márcia, Raimundo, Rosana, Venâncio e Cleone, por estarem sempre aptos a ajudar no que for preciso e pela amizade.

Aos bolsistas Mozart, Marcos, Alexandre (besteira), Kamila e Luciana pela ajuda nos experimentos e pela grande amizade.

À turma da Zoo 96, especialmente aos amigos Fernando (famoso Rufião), Adhemar (Ad), Daniel Sam, Eduardo, Marcelo Freitas (Pif), Marcelim (Ari), Maurício, Alberto Pessoa (Betão, que Deus o tenha), Bruno, Carlos Eduardo (Carlão), Carlos Gimenez, Fernando Bernadino, Edwiney Cupertino, Gustavo (Jerrin), Alexandra, Maíra, Raquel, Alice, pelos eternos momentos de convivência e pela amizade solidificada em nossos corações e mentes.

À “irmã” Roberta e ao amigo Emerson, pela preocupação, atenção e pelo carinho.

Aos companheiros de república, Silvano e Daniel (amigão do peito).

À agora família Liberal Vêras (Robson, Pollianna e Guilherme), pela grande amizade e pelo companheirismo.

Aos amigos e companheiros do departamento de Zootecnia Karla, Mário Chizzotti, Fernanda Helena, Dorismar, Marlos, Jucilene, Acreano, Zé Augusto, Douglas Pina, Mônica, Poliana, Darcilene, Márcia, Patrícia, Amélia, Analívia, Foquinha, Dawson (Pé de frango), Ânderson Goiano, Reinaldo, Dalton, Kamila,

Carol e por todos aqueles que passaram pelo DZO e que propiciaram a construção de grande amizades.

Aos grandes amigos que conheci em Davis: Cláudio Magnabosco, Ana Cristina, Valentina, Barioni e família, Marcelo e família, Fernanda, Alberto, Sérgio Gaúcho e Paula.

Aos irmãos e companheiros fiéis Dimitri, Gabriel e Alejandro, pela força e pela amizade que construímos apesar do pouco tempo de Estados Unidos.

Especialmente ao grande companheiro Flávio Ribeiro (famoso bosta “di” gato) pela amizade, pelas longas conversas ao telefone e pelo quarto montadíssimo de quem herdei em Davis.

Aos primos Sérgio, Marcos e Lucilene, e Cristine pela grande força que me deram quando estive nos Estados Unidos.

À toda família Lourenço, especialmente ao Sr. Raimundo e D. Tereza, pelo acolhimento e pela certeza de que tenho uma segunda família em Viçosa.

Aos amigos da pelada da Viroleira, pelos momentos de convívio, alegrias e amizade.

À pecuária de corte brasileira, atividade tão indispensável para a economia do país e tão apaixonante para o profissional das Ciências Agrárias.

BIOGRAFIA

Pedro Veiga Rodrigues Paulino, filho de Reuber Rodrigues e Maria Semíramis Veiga Rodrigues (*in memoriam*), nasceu em Belo Horizonte, Minas Gerais, em 16 de novembro de 1977.

Em março de 2001, graduou-se em Zootecnia pela Universidade Federal de Viçosa.

Em agosto de 2002, concluiu o curso de Mestrado em Zootecnia na Universidade Federal de Viçosa.

Em setembro de 2002 ingressou no curso de Doutorado em Zootecnia na Universidade Federal de Viçosa. Através do Programa de Estágio de Doutorado no Exterior (PDEE) da CAPES, foi bolsista como pesquisador visitante na Universidade da Califórnia, em Davis, Califórnia, Estados Unidos, no período de setembro de 2003 a setembro de 2004.

Submeteu-se à defesa de tese no dia 12 de maio de 2006.

CONTEÚDO

| | Página |
|--|-----------|
| RESUMO | ix |
| ABSTRACT..... | xiii |
| 1. INTRODUÇÃO | 1 |
| 2. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 10 |
| Consumo, desempenho, digestibilidade, eficiência alimentar e características de carcaça em bovinos Nelore de diferentes classes sexuais..... | 14 |
| Resumo..... | 14 |
| Abstract..... | 16 |
| Introdução..... | 17 |
| Material e Métodos..... | 20 |
| Resultados e Discussão..... | 26 |
| Conclusões..... | 45 |
| Literatura Citada..... | 46 |
| Parâmetros nutricionais e produtivos de bovinos Nelore de diferentes classes sexuais, alimentados com dietas contendo dois níveis de oferta de concentrado..... | 53 |
| Resumo..... | 53 |
| Abstract..... | 55 |
| Introdução..... | 57 |

| | |
|--|------------|
| Material e Métodos | 59 |
| Resultados e Discussão | 67 |
| Conclusões | 85 |
| Literatura Citada. | 86 |
| Exigências nutricionais de bovinos Nelore de diferentes classes sexuais: I. Energia | 90 |
| Resumo | 90 |
| Abstract | 91 |
| Introdução | 92 |
| Material e Métodos | 94 |
| Resultados e Discussão | 105 |
| Conclusões | 127 |
| Literatura Citada | 128 |
| Exigências nutricionais de bovinos Nelore de diferentes classes sexuais: II. Proteína | 132 |
| Resumo | 132 |
| Abstract | 133 |
| Introdução | 134 |
| Material e Métodos | 136 |
| Resultados e Discussão | 144 |
| Conclusões | 156 |
| Literatura Citada | 157 |
| 3. RESUMO E CONCLUSÕES | 159 |
| 4. APÊNDICE. | 162 |

RESUMO

PAULINO, Pedro Veiga Rodrigues, D.S. Universidade Federal de Viçosa, maio de 2006. **Desempenho, composição corporal e exigências nutricionais de bovinos Nelore de diferentes classes sexuais.** Orientador: Sebastião de Campos Valadares Filho. Co-orientador: Roberto Daniel Sainz. Conselheiros: Mário Fonseca Paulino e Rilene Ferreira Diniz Valadares.

O presente trabalho foi realizado mediante a condução de dois experimentos que visaram estudar o desempenho, consumo e digestibilidades dos nutrientes, eficiência alimentar, características de carcaça, composição corporal e exigências de energia e proteína de bovinos Nelore de diferentes classes sexuais. O primeiro experimento foi conduzido entre os meses de julho e setembro de 2004, utilizando-se 48 animais, sendo 16 machos inteiros, 16 machos castrados e 16 fêmeas, que foram alimentados individualmente por um período de 77 dias em baias individuais. Os animais apresentavam-se com 21 meses de idade e com peso vivo médio de 276,2; 265,8 e 257,3 kg, respectivamente, para os machos inteiros, os machos castrados e as fêmeas, ao início do experimento. A dieta, composta por silagens de capim-elefante e de milho (70:30) e concentrado, na relação 85:15, na base da matéria seca total, foi fornecida diariamente. Os consumos de matéria seca e dos nutrientes foram calculados semanalmente a partir da análise laboratorial dos alimentos fornecidos e das sobras. Um ensaio de digestibilidade foi realizado na 9ª semana, quando também foram coletadas amostras de urina para estimação da produção de proteína microbiana, bem como de sua eficiência de síntese. Medidas ultrasonográficas foram realizadas nos animais ao final do experimento,

utilizando-se ultrassom modelo Aloka 500-V, dotado de transdutor linear de 17,2 cm e 3,5 MHz de frequência. O consumo residual foi calculado pela diferença entre o consumo observado e o estimado por uma equação de regressão entre o consumo, o ganho de peso e o peso vivo médio metabólico dos animais. Os machos inteiros foram os mais pesados, apresentando GMD superior e carcaça mais magra, porém com musculabilidade mais pronunciada ($P < 0,05$). As fêmeas foram inferiores quanto as características de desempenho, apresentando, porém, maior EGS na carcaça ($P < 0,05$), ficando os machos castrados em posição intermediária. Os consumos de MS e dos demais nutrientes, quando expressos em função do peso, e as digestibilidades, com exceção do EE, não foram ($P > 0,05$) significativamente afetados pela classe sexual. Quando avaliados quanto ao grupo de consumo residual, os animais com alto CR apresentaram o mesmo peso corporal, a mesma taxa de ganho de peso e não tiveram suas características de carcaça afetadas ($P > 0,05$), apesar de terem consumido 11,5% mais MS ($P < 0,05$). Os consumos dos nutrientes foram superiores nos animais com alto CR ($P < 0,05$), porém os coeficientes de digestibilidade não diferiram daqueles dos animais com baixo CR ($P > 0,05$). A produção de proteína microbiana, bem como sua eficiência de síntese não foi afetada nem pela classe sexual, nem pelo grupo de CR ($P > 0,05$), o mesmo ocorrendo para a concentração plasmática de uréia. As excreções de uréia na urina foram afetadas somente pela classe sexual, em que as fêmeas apresentaram valores superiores aos machos ($P < 0,05$). Classe sexual afeta o desempenho e as características de carcaça de bovinos Nelore, ao passo que o consumo residual não incorre em impactos negativos na qualidade da carcaça. No segundo experimento, utilizaram-se 35 animais, sendo 12 machos inteiros, 11 machos castrados e 12 fêmeas, provenientes de um mesmo grupo contemporâneo. Os animais foram alimentados individualmente durante 112 dias, sendo abatidos ao final do experimento, com um grupo referência abatido ao início. Os animais foram aleatoriamente distribuídos a seis tratamentos em esquema fatorial 3 x 2, sendo três classes sexuais e 2 níveis de oferta de concentrado (oferta de concentrado de 0,6 e 1,2% do PV). Mensuraram-se os consumos, digestibilidades, características da carcaça, composição corporal e exigências de energia e proteína. Os machos inteiros foram mais eficientes, apresentaram maior peso final, de corpo vazio e de carcaça, como resultado da maior taxa de crescimento em relação às fêmeas

($P < 0,05$), ficando os machos castrados em posição intermediária. Os consumos relativos de MS e de todos os demais nutrientes foram superiores nas fêmeas ($P < 0,05$) em relação ao dos machos inteiros, com os castrados apresentando valores intermediários. As digestibilidades, com exceção da digestibilidade do extrato etéreo (DEE), não foram afetadas ($P > 0,05$) pela classe sexual. As digestibilidades da MS e da MO foram superiores ($P < 0,05$) para a dieta em que o nível de oferta de concentrado foi de 1,2% do PV, sendo que para os demais nutrientes não houve efeito do nível de oferta de concentrado ($P > 0,05$). As carcaças dos machos inteiros foram mais pesadas e magras ($P < 0,05$) que as carcaças das fêmeas, com os machos castrados ficando em posição intermediária. As fêmeas apresentaram carcaças com maior teor de gordura, devido ao depósito subcutâneo ter sido mais pronunciado em relação aos machos ($P < 0,05$). Além disso, a participação da gordura visceral e subcutânea nas fêmeas, em relação ao peso de corpo vazio total, foi superior ($P < 0,05$), apesar das taxas de deposição dos diferentes depósitos de gordura não terem sido influenciados ($P > 0,05$) pela classe sexual. O nível de oferta de concentrado praticamente não afetou em nada as características de carcaça, a composição corporal e da carcaça dos animais ($P > 0,05$). Os teores de proteína e extrato etéreo no peso de corpo vazio dos machos inteiros foram, respectivamente, superior e inferior, em comparação com as fêmeas, com os machos castrados obtendo valores intermediários. A composição do ganho de carcaça e de peso de corpo vazio foi diferente entre as classes sexuais, uma vez que as taxas de acréscimo de músculo na carcaça e de proteína no peso de corpo vazio apresentaram comportamento distinto, com os machos inteiros apresentando deposições mais pronunciadas ($P < 0,05$) que as fêmeas e os machos castrados. O ganho de peso de corpo vazio dos machos inteiros foi composto por mais proteína e menos extrato etéreo que os das fêmeas e dos machos castrados ($P < 0,05$). Os rendimentos dos cortes comerciais da carcaça não foram influenciados pelo nível de oferta de concentrado ($P > 0,05$), mas sim pela classe sexual ($P < 0,05$). Fêmeas e machos castrados apresentaram maior rendimento de traseiro especial ($P < 0,05$), uma vez que o dianteiro dos machos inteiros foi mais avantajado. As exigências de energia líquida para manutenção não foram diferentes entre as três classes sexuais, apresentando valor de $75,92 \text{ Mcal/kg PCVZ}^{0,75}$, enquanto que as exigências de energia metabolizável foram de $108,81 \text{ Mcal/kg PCVZ}^{0,75}$. As

exigências de energia líquida para ganho de peso aumentaram com o aumento do peso vivo dos animais, sendo superiores para os machos castrados e as fêmeas em relação aos machos inteiros. Para animais com peso de 400 kg, as exigências líquidas de energia para ganho de peso de corpo vazio foram de 4,16; 5,34 e 5,02 Mcal, respectivamente, para os machos inteiros, os machos castrados e as fêmeas. As equações obtidas para estimativa da energia retida foram: $ER = 0,0515 PCVZ^{0,75} * GPCVZ^{0,9384}$ (machos inteiros); $ER = 0,0696 PCVZ^{0,75} * GPCVZ^{0,9250}$ (machos castrados) e $ER = 0,0731 PCVZ^{0,75} * GPCVZ^{1,0175}$ (fêmeas). A eficiência de uso da energia metabolizável para manutenção obtida foi de 70%, enquanto que as eficiências de uso para ganho de peso variaram de 45 a 49%. As eficiências parciais de uso da energia metabolizável para síntese de proteína e gordura foram de 27,2 e 79,1%, respectivamente. As exigências líquidas de proteína para ganho diminuíram com o aumento do peso (PV) dos animais, sendo maiores para os machos inteiros, intermediárias para os machos castrados e inferiores para as fêmeas, podendo ser estimadas pelas equações: $PR = 14,78 + 175,86 GPVJ - 2,95 ER$ (machos inteiros), $PR = 25,62 + 139,81 GPVJ - 7,43 ER$ (machos castrados); $PR = 18,13 + 177,27 GPVJ - 16,57 ER$ (fêmeas).

ABSTRACT

PAULINO, Pedro Veiga Rodrigues, D.S. Universidade Federal de Viçosa, May 2006. **Performance, body composition and nutritional requirements of Nellore bulls, steers and heifers.** Adviser: Sebastião de Campos Valadares Filho. Co-adviser: Roberto Daniel Sainz. Committee members: Mário Fonseca Paulino and Rilene Ferreira Diniz Valadares.

This work was comprised of two experiments that were carried out with the objective of assessing the performance, nutrients intake and digestibilities, feed efficiency, carcass traits, body composition and energy and protein requirements of Nellore bulls, steers and heifers. The first trial was carried out through July and September, 2004, using 48 animals (16 bulls, 16 steers and 16 heifers), which were individually fed for 77 days in individual pens. At the beginning of the trial, the animals were 21 months old and weighed 276.20; 265.80 and 257.30 kg, respectively, for the bulls, steers and heifers. The diet, composed of elephant grass silage, corn silage (70:30) and concentrate (roughage to concentrate ratio of 85:15, total DM basis) was offered daily. Dry matter and nutrient intakes were measured weekly, using laboratory analysis of the feed and orts. A digestibility trial was carried out at the 9th week, when *spot* urine samples were also taken, in order to estimate microbial protein yield and its synthesis efficiency. At the end of the experiment the animals were ultrasonically scanned using Aloka 500-V machine, equipped with a 3.5 MHz, 17.2 cm linear array transducer. Residual feed intake (RFI) was calculated by the difference between the observed dry matter intake (DMI) and the DMI obtained from linear regression of DMI on average daily gain (ADG) and average metabolic body weight (MBW) of the

animals. The bulls were the heaviest, presenting superior ADG and leaner and more muscled carcasses ($P < 0.05$). Although poorer in the performance traits, the heifers had larger carcass subcutaneous fat thickness (SF) ($P < 0.05$), while the steers presented intermediate values. DM and nutrients intakes, but ether extract (EE), expressed as a function of the body weight (BW), were not significantly affected by sexual class. The digestibilities neither. When evaluated within the RFI groups, the animals with high RFI had the same body weight, the same growth rate and did not have any of its carcass traits affected ($P > 0.05$), in spite of eating 11.5% more DM ($P < 0.05$). Nutrients intakes were higher for the animals with high RFI ($P < 0.05$), however the digestibilities did not differ from those animals that had lower RFI ($P > 0.05$). Microbial protein yield, as well as its efficiency of synthesis, was not affected neither by sexual class nor by RFI group ($P > 0.05$), what also was observed for the analysis of purine derivatives excreted in the urine and blood urea concentration. Excretion of urea in the urine (mg/kg BW) was only affected by sexual class, being higher for the heifers when compared to the bulls and steers ($P < 0.05$). Sexual class affects performance and carcass traits of Nellore cattle, whereas residual feed intake does not impair carcass quality. In the second experiment, 35 animals, from a same contemporary group, were used (12 bulls 11 steers and 12 heifers). The animals were individually fed during 112 days, being slaughtered at the end of the trial, whereas the reference group was slaughtered at the beginning. The animals were randomly assigned to six treatments in a 3 x 2 factorial design, being 3 sexual classes and 2 levels of concentrate allowance (0.6 and 1.2% of BW). The parameters measured were: intake, digestibility, carcass traits, body composition, and energy and protein requirements. Bulls were more efficient, presenting higher body weight, empty body weight and carcass weight, as a result of their highest growth rate, when compared with the heifers ($P < 0.05$), whereas the steers presented intermediate values. The relative DMI and intakes of all of the other nutrients were higher for the heifers ($P < 0.05$) in comparison to the bulls, while the steers had intermediate values. The digestibilities, but EE digestibility, were not affected ($P > 0.05$) by sexual class. DM and OM digestibilities were higher ($P < 0.05$) for the diet in which the concentrate allowance level was 1.2% of BW, whereas for all the other nutrients there wasn't detected any effect due to concentrate allowance level ($P > 0.05$). Bull carcasses were heavier and leaner ($P < 0.05$) than heifer's, while steers carcasses had intermediate values. Heifers carcasses had higher fat content than the males, due to

a more pronounced subcutaneous fat depot ($P < 0.05$). Beyond that, visceral and subcutaneous fat depots contribution, in relation to the empty body weight, was higher in the heifers ($P < 0.05$), although the rates of fat deposition in the different depots had not been influenced by sexual class ($P > 0.05$). Concentrate allowance level did not affected ($P > 0.05$) the carcass traits and the body and carcass composition of the animals. Empty body protein and ether extract contents observed in the bulls were, respectively, higher and lower, when compared to the heifers ($P < 0.05$), while it was observed intermediate values for the steers. The composition of both carcass and empty body gain was different between bulls, steers and heifers, since the rates of muscle accretion in the carcass and protein accretion in the empty body had distinct pattern, being more pronounced in the bulls ($P < 0.05$) than in the heifers and steers. The empty body gain of the bulls was composed of more protein and less ether extract than that of the heifers and steers ($P < 0.05$). The yield of commercial carcass cuts was not influenced by concentrate allowance level ($P > 0.05$), but by sexual class ($P < 0.05$). Heifers and steers had higher hind quarter yield ($P < 0.05$), since the fore quarter of the bulls was more developed. The net energy requirement for maintenance did not differ among the sexual classes, with a mean value of 75.92 Mcal/kg $EBW^{0.75}$, whereas the metabolizable energy requirement for maintenance was 108.81 Mcal/kg $EBW^{0.75}$. The net energy requirement for body gain increased as the animal became heavier, being higher for steers and heifers than for bulls. For animals with body weight of 400 kg, the net energy requirements for empty body gain were 4.16; 5.34 and 5.02 Mcal, respectively for bulls, steers and heifers. The equations fitted to estimate the retained energy (RE) were: $RE = 0,0515 EBW^{0.75} * EBWG^{0,9384}$ (bulls); $RE = 0,0696 EBW^{0.75} * EBWG^{0,9250}$ (steers) and $RE = 0,0731 EBW^{0.75} * EBW^{1,0175}$ (heifers). The efficiency of metabolizable energy utilization for maintenance obtained in this trial was 70%, while for body gain the efficiencies ranged from 45 to 49%. The partial efficiencies of energy utilization for protein and fat synthesis were 27.2 and 79.1%, respectively. The net protein requirements for body gain (RP = retained protein) decreased as the body weight increased, being higher for the bulls, intermediate for the steers and lower for the heifers, and can be estimated by the equations: $RP = 14,78 + 175,86 ADG - 2,95 RE$ (bulls), $RP = 25,62 + 139,81 ADG - 7,43 RE$ (steers); $RP = 18,13 + 177,27 ADG - 16,57 RE$ (heifers).

1. INTRODUÇÃO

A pecuária de corte nacional tem passado por transformações expressivas desde a década de 90, as quais foram intensificadas a partir da estabilização da moeda, com a implantação do plano real em 1994. Eficiência produtiva e econômica passaram a ser sinônimos de sobrevivência na atual conjuntura do mercado de carne bovina. Entretanto, apesar de ser o país que abriga o maior rebanho bovino comercial do mundo, com mais de 200 milhões de cabeças, e ter se tornado o maior exportador mundial de carne bovina, com algo em torno de 2,281 milhões de toneladas embarcadas em 2005 (Anuário DBO, 2006), o Brasil ainda apresenta índices produtivos e econômicos pouco representativos de uma pecuária desenvolvida. Com uma produtividade média de pouco mais de duas arrobas de carne/ha/ano, a pecuária de corte tem passado por nova fase de transformações profundas, baseadas em uso de tecnologias de produção que possibilitem incrementos não só em produtividade, mas principalmente em maior rentabilidade do pecuarista.

Em sistemas de produção de gado de corte, os gastos envolvidos com a alimentação dos animais assumem grande importância, uma vez que os custos associados a esse fator de produção podem corresponder de 70 a 90% dos custos operacionais totais, em função da fase de criação considerada e do nível de produção desejado. Assim, a obtenção de maior eficiência no manejo alimentar dos animais tem o potencial de gerar grande impacto econômico nos sistemas de produção de carne.

A conversão alimentar ou a eficiência alimentar têm sido utilizadas como medidas de eficiência de utilização dos alimentos na transformação dos nutrientes em produto animal (Okine et al., 2003). No entanto, são medidas que podem

implicar em certas desvantagens. Por serem resultantes da razão entre o consumo de matéria seca e o ganho diário de peso vivo, duas variáveis com distribuição normal de probabilidade, pode ou não se comportar de mesma forma, ou seja, não há garantias de que também apresentará distribuição normal. Assim, a aplicação de testes estatísticos que tenham como pressuposição básica a normalidade, e as inferências advindas desses testes podem resultar em sofismas (Detmann et al., 2005). Além disso, está relacionada a medidas de tamanho corporal e taxa de crescimento (Basarab et al., 2004), o que é indesejável, visto que a seleção de animais mais eficientes com base na conversão alimentar pode resultar na escolha de animais que serão mais pesados a cada geração (Carstens & Kerley, 2004). Isto é altamente prejudicial em sistemas de produção em que a disponibilidade de recursos alimentares, seja por quantidade ou qualidade, não é ótima, como é o caso dos sistemas de produção baseados em pastagens, predominantes no Brasil. Assim, medidas alternativas de mensuração da eficiência de uso dos alimentos têm sido propostas como forma de contornar esses inconvenientes. Neste contexto, o consumo alimentar residual tem sido considerado uma das alternativas a serem avaliadas (Okine et al., 2003).

O consumo alimentar residual pode ser definido como a diferença entre o consumo (de matéria seca ou de energia) observado e o consumo estimado por uma equação de regressão entre o consumo, o peso vivo médio metabólico e o ganho de peso dos animais, sendo, desta forma, independente do peso e da taxa de crescimento dos animais (Arthur et al., 2001). É uma característica que tem apresentado valores medianos de herdabilidade e com variabilidade genética que pode ser explorada na identificação e seleção de animais geneticamente superiores em relação ao uso dos alimentos para produção de carne (Archer et al., 1999). No entanto, em alguns trabalhos têm-se verificado que animais mais eficientes, ou seja, que apresentam consumo residual menor ou negativo, tendem a ser mais magros, podendo apresentar carcaças com pior acabamento de gordura, já que a correlação encontrada entre a espessura de gordura ou outras medidas de gordura corporal e o consumo residual tem sido antagônica (Exton et al., 2003). Porém, os resultados têm se mostrado variáveis, já que outros autores não tem identificado efeito do grupo de consumo residual (alto ou baixo) sobre as principais características de carcaça (Almeida et al., 2004), ou, até mesmo, efeito positivo do consumo residual sobre a deposição de gordura na carcaça (Jensen et

al., 1992). Algumas tentativas de quantificação dos principais componentes fisiológicos e metabólicos associados ao consumo residual têm permitido verificar que variações na composição corporal explicam menos de 10% da variação observada no consumo residual, sendo, portanto, um fator de pequena importância (Arthur et al., 2003). Um dos principais argumentos envolvidos com a questão do consumo residual é que este está ligado a variações individuais nas exigências de manutenção dos animais, com os animais mais eficientes apresentando menor exigência de manutenção que os menos eficientes. Assim, a grande vantagem da possível adoção do conceito de consumo residual na seleção de bovinos de corte adviria da redução das exigências de manutenção dos animais. Dentro de uma visão holística de um rebanho, isto representaria um ganho considerável em eficiência de produção, uma vez que de todas as demandas energéticas de energia metabolizável de rebanhos de ciclo completo, cerca de 73% são direcionadas à manutenção (Johnson et al., 2003).

As exigências líquidas de energia para manutenção são representadas pela energia despendida no metabolismo basal e pelo calor produzido pelas atividades voluntárias do animal e corresponderiam, na ausência de consumo, à produção de calor. Entretanto, em condições práticas, torna-se impossível manter animais sem consumo alimentar. Desta forma, o calor produzido por animais mantidos em diferentes níveis de consumo energético pode ser medido, propiciando estimar a produção de calor na ausência de consumo de energia metabolizável, por extrapolação.

As exigências de energia líquida para manutenção (ELm) têm sido calculadas como o antilogaritmo do intercepto da equação de regressão entre o logaritmo da produção de calor e a ingestão de energia metabolizável (EM), conforme preconizado por Lofgreen & Garret (1968). Valadares Filho et al. (2005) agruparam dados individuais de 135 animais Nelore (machos inteiros), obtidos em 7 experimentos, em que os animais foram alimentados de forma restrita (manutenção) e *ad libitum*, com diferentes proporções de concentrado na dieta (portanto com grande amplitude em termos de consumo de energia metabolizável) e calcularam as exigências de energia para manutenção a partir do antilog do intercepto da equação de regressão obtida entre a produção de calor e o consumo de energia metabolizável, obtendo valor de 80,89 kcal/kg^{0,75}/dia.

Ferrell & Jenkins (1998ab) adotaram equação de regressão não-linear entre a produção de calor e o consumo de energia metabolizável para obter o requerimento de energia líquida para manutenção. Plotando os dados segundo esse método, o valor obtido por Valadares Filho et al. (2005) foi praticamente idêntico ($80,85 \text{ kcal/kg}^{0,75}/\text{dia}$) ao citado acima. Entretanto, a relação volumoso:concentrado utilizada nos experimentos que geraram o banco de dados utilizado foi variável. Níveis de concentrado desde 20% até 80%, na base da matéria seca total, foram empregados. Desta forma, a técnica descrita acima não permite a obtenção de estimativas acuradas da produção de calor na ausência de consumo de energia metabolizável (Lofgreen & Garrett, 1968). Somente em situações de dieta idêntica, ou seja, de mesma relação volumoso:concentrado, mas variando somente o nível de oferta da dieta, é que o método acima se torna aplicável para estimar as exigências líquidas de energia para manutenção de bovinos.

Uma forma de se considerarem diferenças entre as dietas utilizadas em diferentes situações de alimentação seria obter as exigências de energia para manutenção pela equação de regressão obtida entre a energia retida e o consumo de energia metabolizável. A inclinação dessa equação representa a eficiência de utilização da energia metabolizável e o consumo de energia necessário para que a energia retida seja nula, ou seja, condição em que não há perda nem ganho de energia corporal, representa as exigências de energia metabolizável para manutenção. Utilizando essa metodologia, Valadares Filho et al. (2005) obtiveram valor de 106,90 kcal de energia metabolizável por kg de peso metabólico, o que representaria as exigências de energia metabolizável para manutenção.

O NRC (2000) estabeleceu as exigências de energia líquida de manutenção para novilhas e machos castrados como sendo de 77 kcal por unidade de tamanho metabólico, a partir dos resultados obtidos por Lofgreen & Garrett (1968), que são referentes à produção de calor em jejum. Para animais zebuínos, ao revisar um grande conjunto de dados obtidos, o NRC (2000) concluiu que um desconto de 10% deveria ser adotado, recuando-se o valor de exigência para $69,3 \text{ kcal/kg}^{0,75}/\text{dia}$. Esse mesmo sistema citou que machos inteiros requerem 15% a mais de energia para manutenção em relação às fêmeas e aos machos castrados. Assim, aplicando o fator de 1,15 às exigências de zebuínos castrados obtém-se o valor de $79,79 \text{ kcal/kg}^{0,75}/\text{dia}$. É interessante destacar, no entanto, que

de todos os trabalhos avaliados envolvendo raças zebuínas, nenhum incluía a raça Nelore. Recentemente, Tedeschi et al. (2002) obtiveram exigências de energia para manutenção de animais Nelore que foram idênticas (77,2 kcal/kg^{0,75}/dia) às sugeridas para *Bos taurus*. Além disso, esses autores não detectaram diferenças entre machos inteiros e castrados em relação às exigências líquidas de manutenção (ELm).

Silva et al. (2002), também compilando dados nacionais, obtiveram exigência líquida de manutenção igual a 71,30 Mcal de ELm/kg^{0,75} para animais zebuínos não-castrados, valor 10,5% inferior ao sugerido pelo NRC (2000) para o mesmo tipo de animal. Comparando-se os valores obtidos por Silva et al. (2002) com o de exigência de energia líquida para manutenção de animais taurinos inteiros sugerido pelo NRC (2000) (88,55 kcal/kg^{0,75}/dia), constata-se que zebuínos requerem 19,5% menos energia para manutenção.

Estima-se que a reciclagem protéica e o transporte de íons através das células representem mais de 50% do gasto total de energia para manutenção (Baldwin et al., 1980), o que explicaria os maiores requisitos de energia para manutenção, para um mesmo peso, para animais de raças que atingem a maturidade com pesos mais elevados, em machos inteiros em relação a castrados e destes em relação a fêmeas (Garrett, 1980). Além disso, a massa dos órgãos viscerais e sua atividade metabólica, principalmente do fígado e do trato gastrointestinal, também contribuem para explicar diferenças nas exigências de energia líquida para manutenção entre grupos genéticos (Sainz & Bentley, 1997). Segundo Reynolds et al. (1992), o trato gastrointestinal e o fígado são responsáveis por 40 a 45% do metabolismo energético basal do bovino sob condições normais, apresentando um metabolismo seis vezes mais intenso que o corpo inteiro.

Como os zebuínos apresentam depósito de gordura periférica mais pronunciado, em detrimento ao depósito de gordura interna (Peron et al., 1993), e menor tamanho de órgãos internos (Jorge et al., 1999) em relação aos taurinos, suas exigências de energia para manutenção seriam, portanto, inferiores. Além disso, evidências (menor taxa de proteólise muscular post-mortem de animais Zebu, devido à maior atividade de calpastatina) indicariam que a taxa de *turnover* protéico de animais zebuínos é inferior à de taurinos, contribuindo para que apresentem menor demanda energética, uma vez que a reciclagem protéica

corporal é um dos principais componentes dos gastos energéticos envolvidos com a manutenção (Sainz et al., 2006).

A composição do corpo vazio constitui fator determinante das exigências de energia, sendo que as diferenças observadas na composição do ganho de peso de corpo vazio é que explicam, por exemplo, a maior exigência de energia para ganho de animais precoces em relação a animais tardios e de fêmeas e machos castrados em relação aos machos inteiros (NRC, 2000). Em relação às exigências de energia líquida para ganho, o NRC (2000) apresentou equação para obtenção da energia retida, que representa as exigências líquidas para ganho (Elg), em que as variáveis independentes são o peso de corpo vazio (PCVZ) do animal e o ganho de peso de corpo vazio (GPCVZ). Para converter PCVZ em peso vivo, adota-se a relação $PCVZ/PV = 0,891$ e para transformar GPCVZ em ganho de peso vivo (GPV), o NRC (2000) sugere o fator 0,956. Silva et al. (2002), analisando dados nacionais obtiveram relações de 0,881 e 0,963, respectivamente, para animais zebuínos, valores semelhantes aos sugeridos pelo NRC (2000). A equação sugerida pelo NRC (2000) para cálculo da Elg é: $ER = 0,0635 \times PCVZ^{0,75} \times GPCVZ^{1,097}$. Silva et al. (2002), compilando dados nacionais de animais zebuínos desenvolveram a equação: $ER = 0,0435 \times PCVZ^{0,75} \times GPCVZ^{0,8241}$. Valadares Filho et al. (2003), também analisando conjunto de dados gerados em condições brasileiras, apresentaram equações para estimação das exigências líquidas de energia para ganho, em função da classe sexual, como sendo:

$$\text{Machos inteiros: } ER = 0,0435 \times PCVZ^{0,75} \times GPCVZ^{0,8241}$$

$$\text{Machos castrados } ER = 0,05133 \times PCVZ^{0,75} \times GPCVZ^{0,8241}$$

$$\text{Fêmeas: } ER = 0,06056 \times PCVZ^{0,75} \times GPCVZ^{0,8241}$$

A equação para machos inteiros é a mesma obtida por Silva et al. (2002). Para obter os interceptos das equações para machos castrados e fêmeas, os autores simplesmente aplicaram o fator de 0,18, sugerido pelo NRC (2000), em que as exigências líquidas de energia para ganho para machos castrados são 18% superiores às exigências de machos inteiros, enquanto fêmeas demandam 18% mais energia que machos castrados. No entanto, esse fator precisa ser validado em condições brasileiras, com animais de classes sexuais utilizados sob as mesmas condições.

Tão importante quanto a energia, a quantificação das exigências de proteína, seja para manutenção, crescimento, gestação ou lactação, é imprescindível. A demanda de proteína para manutenção de um bovino é igual às perdas metabólicas fecais e urinárias, além daquelas perdas de proteína por descamação. A quantificação dessas perdas é difícil, principalmente em relação às perdas metabólicas fecais, uma vez que é necessário separar as perdas microbianas nas fezes das verdadeiras perdas metabólicas fecais, o que exige um procedimento mais trabalhoso. O NRC (2000) adotou, a partir do trabalho de Wilkerson et al. (1993), um valor diário de exigência de proteína metabolizável para manutenção de $3,8 \text{ g/kg PV}^{0,75}/\text{dia}$. Recentemente, Vêras (2006), trabalhando com bovinos Nelore de três classes sexuais (machos inteiros, machos castrados e fêmeas), encontrou valor único para as três classes de $4,03 \text{ g/kg}^{0,75}/\text{dia}$, valor bastante próximo ao calculado por Valadares et al. (1997), de $4,13 \text{ g/kg}^{0,75}/\text{dia}$.

Já as exigências líquidas de proteína para crescimento e terminação são dependentes do conteúdo de matéria seca livre de gordura no peso ganho. Desta forma, sua quantificação é dependente da mensuração da composição corporal dos animais, variando, assim, com o peso, taxa de ganho de peso, grupo genético, sexo, efeitos dietéticos e manejo nutricional (Fox & Black, 1984). Em decorrência dessa variação no conteúdo do ganho, observa-se que os requerimentos líquidos de proteína para ganho são maiores em bovinos inteiros que em castrados e em animais de maturidade tardia que em animais mais precoces (Geay, 1984), uma vez que machos inteiros depositam mais tecido magro no corpo que machos castrados (Vanderwert et al., 1985), que, por sua vez, depositam mais que fêmeas de mesma idade (Berg et al., 1979). A partir do conhecimento da eficiência de utilização da proteína, pode-se converter as exigências líquidas em exigências de proteína metabolizável, que englobam a proteína não degradada no rúmen digestível e a proteína microbiana verdadeira digestível, ou seja, a quantidade de aminoácidos absorvíveis no intestino delgado.

Bailey & Duff (2005) citaram que machos inteiros, com mesmo peso, utilizam proteína de forma mais eficiente que machos castrados e, portanto, não devem apresentar maiores requerimentos de proteína bruta. No entanto, esses autores sugerem que mais trabalhos de pesquisa sejam realizados visando detectar diferenças entre classe sexual quando às suas exigências de proteína.

Praticamente não há relatos na literatura de possíveis diferenças nas exigências protéicas de bovinos Nelore de diferentes classes sexuais.

Em diversos trabalhos têm-se demonstrado o efeito de sexo sobre características de crescimento e de carcaça de bovinos de corte (Paulino et al., 2005), denotando ser uma ferramenta importante à disposição do pecuarista, uma vez que sua manipulação, de forma tecnicamente correta, contribui para obter melhor eficiência e rentabilidade de seu sistema de produção. Machos inteiros, em virtude da síntese mais acentuada de hormônios esteróides, apresentam taxa de crescimento superior em relação a machos castrados e fêmeas, sendo também mais eficientes em produzir carcaças mais magras (Seideman et al., 1982). Em condições favoráveis de nutrição e manejo, machos inteiros apresentam desempenho cerca de 10 a 20% superior em relação a machos castrados e fêmeas (Berg & Butterfield, 1976). Fêmeas jovens têm apresentado grande potencial de produzir carcaças de qualidade, com rendimentos de cortes comerciais semelhantes aos de machos (Junqueira et al., 1998), justificando a ocorrência de situações de mercado em que o valor por fêmeas equipara-se ao recebido por machos castrados.

A dieta em si, pó rintermédio de sua qualidade e da quantidade ingerida de nutrientes que ela propicia, representa forte determinante do desempenho animal (Pyatt et al., 2005), além de ser o item de maior peso no custo final de produção (Arthur et al., 2001). Como a alimentação representa o item de maior importância econômica dentro dos sistemas de produção de carne, sendo um dos fatores responsáveis pelas flutuações observadas na lucratividade dos sistemas de produção de carne (Pyatt et al., 2005), melhorias na eficiência de uso dos alimentos, bem como dos seus nutrientes, devem ser sempre perseguidas. Gibb & McAllister (1999) reportaram que um incremento de 5% na eficiência alimentar tem um impacto econômico quatro vezes superior ao obtido na melhoria de 5% na taxa de ganho médio diário de peso.

Diante do exposto, o presente trabalho foi conduzido com os seguintes objetivos:

- avaliar o efeito de classe sexual sobre o consumo, a digestibilidade, o uso dos nutrientes da dieta, o desempenho, as características de carcaça, a eficiência alimentar e de síntese microbiana em bovinos Nelore, bem como estudar a

relação entre o consumo residual e os principais parâmetros nutricionais e de crescimento;

- estudar os efeitos de classe sexual e nível de oferta de concentrado sobre alguns parâmetros nutricionais e de crescimento de bovinos Nelore;

- estudar os efeitos de classe sexual sobre as exigências de energia para manutenção e ganho de peso, bem como indentificar possíveis diferenças entre as classes sexuais quanto à eficiência de utilização da energia metabolizável para manutenção e ganho de peso, de proteína e gordura corporal; e

- estimar as exigências protéicas de bovinos Nelore de diferentes classes sexuais.

Os trabalhos desta tese foram elaborados em adaptação às normas da Revista Brasileira de Zootecnia.

2. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, R.; LANNA, D.P.; LEME, P.R. Consumo alimentar residual: um novo parâmetro para avaliar a eficiência alimentar de bovinos de corte. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 41., 2004, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2004. (CD-ROM)
- ANUÁRIO DBO 2006. **Os destaques do brasil pecuário – produção, preços, exportação, leilões, sanidade.** São Paulo: DBO Editores Associados Ltda., 2006. n.304, 84p.
- ARCHER, J.A.; RICHARDSON, E.C.; HERD, R.M. Potential for selection to improve efficiency of feed use in beef cattle: a review. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.50, p.147-161, 1999.
- ARTHUR, P.F.; ARCHER, J.A.; JOHNSTON, D.J. et al. Genetic and phenotypic variance and covariance components for feed intake, feed efficiency, and other postweaning traits in Angus cattle. **Journal of Animal Science**, v.79, p.2805-2811, 2001.
- ARTHUR, P.F., HERD, R.M., ARCHER, J.A. Should measures of body composition be included in the model for residual feed intake in beef cattle? **Proceedings of the Association for the Advancement of Animal Breeding and Genetics**, v.15, p.306-309, 2003.
- BAILEY, C.R.; DUFF, G.C. Protein requirements of finishing beef cattle. In: SOUTHWEST NUTRITION CONFERENCE, 2005, Tempe. **Proceedings...** Tempe: University of Arizona, 2005. p.78-85.
- BALDWIN, R.L.; SMITH, N.E.; TAYLOR, J. et al. Manipulating metabolic parameters to improve growth rate and milk secretion. **Journal of Animal Science**, v.51, n.6, p.1416-1428, 1980.
- BASARAB, J.A.; OKINE, E.K.; MOORE, S.S. Residual feed intake: animal performance, carcass quality and body composition. In: FLORIDA RUMINANT NUTRITION SYMPOSIUM, 15., 2004, Gainesville. **Proceedings...** Gainesville: University of Florida, 2004. p.40-51.

- BERG, R.T.; BUTTERFIELD, R.M. **New concepts of cattle growth**. 1.ed. Sydney: Sydney University Press, 1976. 240p.
- CARSTENS, G.E.; KERLEY, M.S. Residual feed intake: an alternative measure of feed efficiency for beef cattle. In: ANNUAL MEETING OF THE AMERICAN SOCIETY OF ANIMAL SCIENCE, 2004, Saint Louis: **Proceedings...** Saint Louis: American Society of Animal Science, 2004. p.409.
- DETMANN, E.; CECON, P.R.; ANDREOTTI, M.O. et al. Application of the first canonical variable in the evaluation of animal production trials. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.6, p.2417-2426, 2005 (supl.).
- EXTON, S.C.; HERD, R.M.; ARTHUR, P.F. Identifying bulls superior for net feed intake, intramuscular fat and subcutaneous fat. **Animal Production in Australia**, v.25, p.57-60, 2003.
- FERRELL, C.L.; JENKINS, T.G. Body composition and energy utilization by steers of diverse genotypes fed a high-concentrate diet during the finishing period: I. Angus, Belgian Blue, Hereford, and Piedmontese sires. **Journal of Animal Science**, v.76, p.637-646, 1998a.
- 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, 1998b.
- FOX, D.G.; BLACK, J.R. A system for predicting body composition and performance of growing cattle. **Journal of Animal Science**, v.58, n.3, p.725-739, 1984.
- GARRETT, W.N. Energy utilization by growing cattle as determined in 72 comparative slaughter experiments. In: SYMPOSIUM OF ENERGY METABOLISM, 8., 1980, Cambridge. **Proceedings...** Cambridge: Butterworths, 1980. p.3-7.
- GEAY, Y. Energy and protein utilization in growing cattle. **Journal of Animal Science**, v.58, n.3, p.766-778, 1984.
- GIBB, D.J.; McALLISTER, T.A. The impact of feed intake and feeding behaviour of cattle on feedlot and feedbunk management. In: WESTERN NUTRITION CONFERENCE, 20., 1999, Calgary. **Proceedings...** Calgary: University of Alberta, 1999. p.101-116.
- JENSEN, J.; MAO, I.L.; ANDERSEN, B.B. Phenotypic and genetic relationships between residual energy intake and growth, feed intake, and carcass traits of young bulls. **Journal of Animal Science**, v.70, p.386-395, 1992.
- JOHNSON, D.E.; FERRELL, C.L.; JENKINS, T.G. The history of energetic efficiency research: where have we been and where are we going? **Journal of Animal Science**, v.81, n.13, p.27-38, 2003 (suppl. 1).
- JORGE, A.M.; FONTES, C.A.; PAULINO, M.F. et al. Tamanho relativo dos órgãos internos de zebuínos sob alimentação restrita e *ad libitum*. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.4, p.1174-1182, 1999.

- JUNQUEIRA, J.O.B.; VELLOSO, L.; FELÍCIO, P.E. Desempenho, rendimentos de carcaça e cortes de animais, machos e fêmeas, mestiços Marchigiana x Nelore, terminados em confinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.27, n.6, p.1199-1205, 1998.
- 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 - NRC. **Nutrient requirements of beef cattle**. 7 rev. ed. Washington, D.C.: National Academy Press, 2000. 242p.
- OKINE, E.K.; BASARAB, J.A.; GOONEWARDENE, L.A. et al. Residual feed intake: what is it and how does it differ from traditional concepts of feed efficiency? In: CANADIAN SOCIETY OF ANIMAL SCIENCE ANNUAL MEETING, 2003, Saskatoon. **Proceedings...** Saskatoon: Canadian Society of Animal Science, 2003. p.1-15.
- PAULINO, P.V.R.; VALADARES FILHO, S.C.; MAGALHÃES, K.A. et al. Desempenho, eficiência alimentar e características de carcaça de bovinos Nelore de diferentes classes sexuais, alimentados com dois níveis de concentrado na dieta. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 42., 2005, Goiânia. **Anais...** Goiânia: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2005. (CD-ROM)
- PERON, A.J.; FONTES, C.A.A.; GALVÃO, J.G. et al. Tamanho de órgãos internos e distribuição da gordura corporal, em novilhos de cinco grupos genéticos, submetidos a alimentação restrita e *ad libitum*. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.22, n.2, p.813-819, 1993.
- PYATT, N.A.; BERGER, L.L.; FAULKNER, D.B. et al. Factors affecting carcass value and profitability in early-weaned Simmental steers: I. Five-year average pricing. **Journal of Animal Science**, v.83, n.12, p.2918-2925, 2005.
- REYNOLDS, C.K.; LAPIERRE, H.; TYRREL, H.F. et al. Effects of growth hormone-releasing factor and feed intake on energy metabolism in growing beef steers: net nutrient metabolism by portal-drained viscera and liver. **Journal of Animal Science**, v.70, p.752-769, 1992.
- SAINZ, R.D.; BENTLEY, B.E. Visceral organ mass and cellularity in growth – restricted and refed beef steers. **Journal of Animal Science**, v.75, p.1229-1241, 1997.
- SAINZ, R.D.; BARIONI, L.G.; PAULINO, P.V.R. et al. Growth patterns of Nelore vs. British beef cattle breeds assessed using a dynamic, mechanistic model of cattle growth and composition. In: KEBREAB, E.; DIJKSTRA, J.; BANNINK, A. et al. (Eds.) **Nutrient digestion and utilization in farm animals: modeling approaches**. Wageningen: Cabi Publishing, 2006. 480p.
- SEIDEMAN, S.C.; CROSS, H.R.; OLTJEN, R.R. et al. Utilization of the intact male for red meat production: a review. **Journal of Animal Science**, v.55, n.2, p.826-848, 1982.
- SILVA, F.F.; VALADARES FILHO, S.C.; ÍTAVO, L.C.V. et al. Exigências líquidas e dietéticas de energia, proteína e macroelementos minerais de bovinos de corte no Brasil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.2, p.776-792, 2002.

- TEDESCHI, L.O.; BOIN, C.; FOX, D.G. et al. Energy requirements for maintenance and growth of Nelore bulls and steers fed high-forage diets. **Journal of Animal Science**, v.80, p.1671-1682, 2002.
- VALADARES, R.F.D.; GONÇALVES, L.C.; RODRIGUEZ, N.M. et al. Níveis de proteína em dietas de bovinos. 2. Consumo, digestibilidades e balanço de compostos nitrogenados. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.26, n.6, p.1259-1263, 1997.
- VALADARES FILHO, S.C.; PAULINO, P.V.R.; SAINZ, R.D. Desafios metodológicos para determinação das exigências nutricionais de bovinos de corte no Brasil. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 42., 2005, Goiânia. **Anais...** Goiânia: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2005. p.261-287.
- VALADARES FILHO, S.C.; PAULINO, P.V.R.; MAGALHÃES, K.A. Exigências nutricionais de bovinos de corte. In: SIMPÓSIO DE PECUÁRIA DE CORTE – “REALIDADE E DESAFIOS”, 3., 2003, Lavras. **Anais...** Universidade Federal de Lavras, 2003. p.43-71.
- VANDERWERT, W.; BERGER, L.L.; McKEITH, F.K. et al. Influence of zeranol implants on growth, behaviour and carcass traits in Angus and Limousin bulls and steers. **Journal of Animal Science**, v.61, p.310-319, 1985.
- VÉRAS, R.M.L. **Consumo, digestibilidades total e parcial, produção microbiana e exigências de proteína para manutenção de bovinos Nelore.** Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2006. 115p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, 2006.
- WILKERSON, V.A.; KLOPFENSTEIN, T.J.; BRITTON, R.A. et al. Metabolizable protein and amino acid requirements of growing beef cattle. **Journal of Animal Science**, v.71, p.2777-2784, 1993.

Consumo, desempenho, digestibilidade, eficiência alimentar e características de carcaça em bovinos Nelore de diferentes classes sexuais

Resumo - Trabalhos envolvendo a avaliação do efeito de classe sexual sobre características produtivas e nutricionais de bovinos Nelore mantidos nas mesmas condições experimentais são limitados, sendo praticamente escassos aqueles que procuraram estudar o consumo residual desses animais. Assim, quarenta e oito animais, sendo 16 machos inteiros, 16 machos castrados e 16 fêmeas, com idade média de 21 meses e pesos médios iniciais de 276,2; 265,8 e 257,3 kg, respectivamente, foram utilizados para determinar o efeito de classe sexual e grupo de consumo residual sobre o consumo, digestibilidade, desempenho, eficiência alimentar, produção e eficiência de síntese de proteína microbiana, e características de carcaça de bovinos Nelore. Os animais foram mantidos em confinamento e alimentados com a mesma dieta por um período de 77 dias. O consumo de matéria seca (CMS) estimado foi obtido a partir de uma regressão múltipla construída entre o CMS observado e o peso vivo médio metabólico dos animais e o ganho médio diário (GMD) de peso. Os machos inteiros foram os mais pesados, apresentando GMD superior e carcaça mais magra, porém com musculosidade mais pronunciada ($P < 0,05$). As fêmeas foram inferiores quanto às características de desempenho, apresentando, porém, maior espessura de gordura subcutânea (EGS) na carcaça ($P < 0,05$), ficando os machos castrados em posição intermediária. Os consumos de MS e dos demais nutrientes, quando expressos em função do peso vivo, e as digestibilidades, com exceção do EE, não foram ($P > 0,05$) afetadas pela classe sexual. Os animais com alto consumo residual (CR) apresentaram o mesmo peso corporal, a mesma taxa de ganho de peso e não tiveram suas características de carcaça afetadas ($P > 0,05$), apesar de terem consumido 11,5% mais MS ($P < 0,05$). Os consumos dos nutrientes foram superiores nos animais com alto CR ($P < 0,05$), porém os coeficientes de digestibilidade não diferiram daqueles dos animais com baixo CR ($P > 0,05$). A produção de proteína microbiana, bem como sua eficiência de síntese não foi afetada nem pela classe sexual, nem pelo grupo de CR ($P > 0,05$), o mesmo ocorrendo para a concentração sérica de uréia. As excreções de uréia na urina foram afetadas somente pela classe sexual, em que as fêmeas apresentaram valores superiores aos machos ($P < 0,05$). Classe sexual afeta o

desempenho e as características de carcaça de bovinos Nelore, ao passo que o consumo residual não incorre em impactos negativos na qualidade da carcaça.

Palavras-chave: bovinos de corte, consumo alimentar residual, parâmetro produtivos e nutricionais

Intake, performance, digestibility, feed efficiency and carcass traits of Nellore bulls, steers and heifers

Abstract - There is a shortage of scientific works looking at the effects of gender on productive and nutritional parameters of Nellore cattle, under the same experimental conditions; the evaluation of the residual feed intake of these animals is totally lacking. Thus, forty eight animals, being 16 bulls, 16 steers and 16 heifers, with 21 months of age and initial LW of 276.2; 265.8 and 257.3 kg, respectively, were used in order to determine the gender and residual feed intake class effects on the intake, digestibility, performance, feed efficiency, yield and efficiency of microbial protein synthesis and carcass characteristics of Nellore cattle. The animals were maintained in a feedlot and fed the same diet for 77 days. The estimated dry matter intake (DMI) was obtained through a multiple regression equation of observed DMI on mid point metabolica body weight and average daily gain (ADG). The bulls were the heaviest, presenting highest ADG and leanest and most muscled carcasses ($P < 0.05$). The heifers had the lowest performance, although having the highest fat thickness in the carcass, with the steers being intermediate in terms of performance and carcass traits. DM and nutrient intakes, when expressed as a function of BW, were not affected by gender ($P > 0.05$). The digestibilities of all nutrients, except EE, were not affected by gender ($P > 0.05$). When evaluated according to the residual feed intake (RFI) group, obtained as the difference between actual and predicted DMI, it was observed that the animals with higher RFI, although ingesting 11.5% ($P < 0.05$) more feed, had the same BW and ADG, and did not have any of their carcass traits affected ($P > 0.05$). The nutrient intakes of the high RFI group were greater ($P < 0.05$), however the digestibilities were not different from the low RFI group ($P > 0.05$). The microbial crude protein yield, as well as its synthesis efficiency was affected neither by gender nor by RFI group. The same pattern was detected for the serum urea concentration. The urea excretion in the urine was only affected by gender, with heifers presenting higher values than the males ($P < 0.05$). Gender affects performance and carcass traits of Nellore cattle, while residual feed intake doesn't impair carcass quality.

Key Words: beef cattle, residual feed intake, productive and nutritional parameters

Introdução

Os sistemas de produção de bovinos de corte no Brasil estão calcados na utilização de forrageiras tropicais e de biótipos animais de alta adaptabilidade e tolerância ao clima tropical, em que flutuações temporais na quantidade e qualidade do alimento disponível ocorrem constantemente. A não ser que intervenções antrópicas sejam realizadas durante os períodos de oferta restrita de alimento de baixa qualidade, o desempenho dos animais será intensamente afetado. As elevadas idades ao primeiro parto e abate observadas no Brasil decorrem, em grande parte, das limitações nutricionais a que os animais são submetidos durante o período seco do ano. Mesmo dispondo de mais de 80% de seu rebanho representado pela raça Nelore, de conhecida eficiência produtiva em ambientes mais hostis de produção, a pecuária brasileira ainda carece de medidas racionais de manejo alimentar para incrementar seus índices produtivos e, conseqüentemente, propiciar melhor lucratividade aos sistemas de produção de carne bovina.

Dentro dos sistemas de produção, diversos fatores, bióticos e abióticos, atuam de forma conjunta, complexa e dinâmica sobre todas as interfaces do ambiente de produção, afetando a produtividade animal. Alguns desses fatores não são passíveis de controle pelo homem; porém, outros podem ser manejados e controlados, proporcionando ao pecuarista ou técnico moldar seu sistema de produção de forma eficiente frente às peculiaridades de sua realidade produtiva e às demandas do mercado consumidor a ser atendido. Dentre os principais fatores ligados ao animal que afetam a produtividade de um sistema como um todo e que são passíveis de intervenção pelo homem, destacam-se a raça, sexo, tamanho corporal, status fisiológico, entre outros (Berg & Butterfield, 1976).

Tem-se demonstrado o efeito de sexo sobre características de crescimento e de carcaça de bovinos de corte (Paulino et al., 2005), denotando ser uma ferramenta importante à disposição do pecuarista, uma vez que sua manipulação, de forma tecnicamente correta, contribui para obter melhor eficiência e rentabilidade de seu sistema de produção. Machos inteiros, em virtude da síntese mais acentuada de hormônios esteróides, apresentam taxa de crescimento superior em relação a machos castrados e fêmeas, sendo também mais eficientes em produzir carcaças mais magras (Seideman et al., 1982). Em condições

favoráveis de nutrição e manejo, machos inteiros apresentam desempenho cerca de 10 a 20% superior em relação a machos castrados e fêmeas (Berg & Butterfield, 1976). Fêmeas jovens têm apresentado grande potencial de produzir carcaças de qualidade, com rendimento de cortes comerciais semelhantes ao de machos (Junqueira et al., 1998), justificando a ocorrência de situações de mercado em que o valor pago por fêmeas equipara-se ao recebido por machos castrados.

A dieta em si, por sua qualidade e da quantidade ingerida de nutrientes que propicia, representa forte determinante do desempenho animal (Pyatt et al., 2005), além de ser o item de maior peso no custo final de produção (Arthur et al., 2001). Como a alimentação representa o item de maior importância econômica dentro dos sistemas de produção de carne, sendo um dos fatores responsáveis pelas flutuações observadas na lucratividade do sistema (Pyatt et al., 2006), além de ser o principal determinante dos níveis de produção, melhorias na eficiência de uso dos alimentos bem como dos seus nutrientes devem ser sempre perseguidas. Assim, o impacto da obtenção de melhorias na eficiência de utilização das dietas é expressivamente superior do que aquele advindo do aumento no ganho de peso. Gibb & McAllister (1999) reportaram que um incremento de 5% na eficiência alimentar tem um impacto econômico quatro vezes superior ao obtido na melhoria de 5% na taxa de ganho médio diário de peso.

Entre as medidas de eficiência alimentar, a conversão alimentar e a eficiência alimentar têm sido largamente adotadas nos estudos de nutrição animal. Porém, ao contrário da seleção para crescimento, praticada há vários anos pela pecuária de corte mundial e brasileira, pouca atenção tem sido dada ao melhoramento genético para essas características de eficiência de uso dos alimentos. A dificuldade e os altos custos envolvidos na obtenção de dados de consumo alimentar ajudam a explicar essa inércia (Arthur et al., 2001). Entretanto, mesmo que dados de consumo alimentar estejam disponíveis, questiona-se a adoção da conversão alimentar ou da eficiência alimentar como características a serem selecionadas, uma vez que estão altamente correlacionadas com o consumo de matéria seca, o ganho médio diário e o peso. Desta forma, se forem adotadas como critério de seleção, corre-se o risco de se selecionar animais que serão cada vez mais pesados, principalmente o rebanho de vacas (Carstens & Kerley, 2004), com impacto negativo futuro sobre os sistemas de produção cujas

características estejam assentadas em situações de disponibilidade restrita de nutrientes, como os predominantes no Brasil. Animais de peso e tamanho corporais elevados são menos eficientes bio-economicamente nessas condições, já que têm sua eficiência reprodutiva comprometida (Lanna et al., 2003).

Como forma de contornar esse problema, pesquisadores australianos propuseram uma nova medida de eficiência alimentar, chamada de consumo alimentar residual ou eficiência alimentar líquida, que é independente do peso e da taxa de crescimento do animal (Herd et al., 2003). Esta é calculada pela diferença entre o consumo de matéria seca real, mensurado, e o consumo estimado para atender as exigências de crescimento e manutenção (Richardson et al., 2004). Trata-se de uma característica de herdabilidade moderada (Crews Jr., 2004), com considerável variabilidade genética (Carstens & Kerley, 2004; Archer et al., 2004), e que pode, portanto, ser utilizada para selecionar animais mais eficientes em converter o alimento em produto animal (Knott et al., 2003), sem contudo afetar o peso adulto. Arthur et al. (2004) verificaram que, quando a seleção de bovinos jovens foi baseada no consumo residual, não houve alteração no peso corporal das matrizes (novilhas jovens e vacas de 4 anos de idade). Outra possível vantagem da adoção do conceito de consumo residual na seleção de bovinos de corte adviria da redução das exigências de manutenção dos animais, o que, dentro de uma visão holística do rebanho, representaria um ganho considerável em eficiência de produção, uma vez que, de todas as demandas energéticas de energia metabolizável dos rebanhos de ciclo completo, cerca de 73% são direcionadas à manutenção (Johson et al., 2003).

No Brasil, no entanto, há carência de estudos e dados de pesquisa envolvendo a mensuração do consumo residual em animais Nelore (Almeida, 2005; Almeida et al., 2004; Lanna & Almeida, 2004a, b), seus mecanismos metabólicos e fisiológicos, bem como seus impactos sobre características de crescimento e de carcaça de importância econômica. Nesse sentido, esse trabalho foi desenvolvido objetivando-se avaliar o efeito de classe sexual sobre o consumo, o uso dos nutrientes da dieta, o desempenho produtivo, as características de carcaça, a eficiência alimentar e de síntese microbiana em bovinos Nelore, bem como estudar a relação entre o consumo residual e os principais parâmetros nutricionais e de crescimento.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido no confinamento experimental do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa, no período compreendido entre os meses de julho e setembro de 2004.

Foram utilizados 48 animais da raça Nelore, provenientes de um mesmo rebanho comercial, localizado no município de Felixlândia, Minas Gerais. Foram adquiridos 32 machos e 16 fêmeas, sendo que 16 machos foram escolhidos ao acaso e castrados, utilizando-se castrador tipo *burdizzo*. Após a castração todos os animais foram mantidos em pastagem de *Brachiaria decumbens*, com livre acesso a suplemento mineral, onde permaneceram por cerca de 60 dias. Após esse período os animais foram recolhidos às instalações do confinamento experimental, onde foram identificados individualmente, pesados e vermifugados. Durante 14 dias foram mantidos em grupos nas baias, como forma de permitir adaptação à dieta experimental e às instalações. Transcorrido esse período os animais foram pesados novamente, após jejum de 16 horas, e distribuídos nas baias individuais. Ao início do experimento os animais apresentavam-se com idade média de 21 meses e peso vivo médio de 276,2; 265,8 e 257,3 kg para os machos inteiros, machos castrados e fêmeas, respectivamente.

As baias individuais do confinamento experimental apresentavam dimensões de 1,8 m de largura por 18,8 m de comprimento, totalizando 33,84 m². Desse total, 11,88 m² (1,8 x 6,6 m) eram de piso de concreto e cobertos com telhas de amianto. Cada baia era provida de comedouro (1,6 m) e bebedouro de concreto.

O experimento teve duração total de 77 dias, quando foram efetuadas 4 pesagens dos animais. Uma ao início (05/07/04), duas no transcorrer (19/07/04 e 16/08/2004) e uma ao final (20/09/04) do experimento.

A dieta foi composta de silagem de milho, silagem de capim-elefante e concentrado. A relação volumoso:concentrado foi fixa ao longo de todo o experimento em 85:15, com base da matéria seca total. A porção volumosa da dieta foi composta por 70% de silagem de milho e 30% de silagem de capim-elefante, com base da matéria seca. O concentrado foi formulado à base de fubá de milho (34,3%), farelo de algodão 42% (56,7%), uréia/sulfato de amônio (4,0%), cloreto de sódio (2,5%) e premix mineral (2,5%).

A dieta foi fornecida duas vezes ao dia, às 6 h (60% da oferta) e 15h30 (40% da oferta), de forma a permitir consumo *ad libitum* (sobras por volta de 10-15% da quantidade fornecida). As composições químicas médias das silagens, dos ingredientes do concentrado e da dieta total estão apresentadas na Tabela 1, na qual se verificam os teores de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), matéria mineral (MM), proteína bruta (PB), nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN), nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA); extrato etéreo (EE), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente neutro corrigida para proteína (FDNp), carboidratos não-fibrosos (CNF), fibra em detergente ácido (FDA), fibra em detergente ácido indigestível (FDAi), lignina (LIG), energia digestível (ED), energia metabolizável (EM) e nutrientes digestíveis totais (NDT).

A quantidade de alimento fornecida foi ajustada diariamente, a partir do consumo observado no dia anterior, e as sobras foram pesadas diariamente. Amostras das silagens e das sobras foram coletadas individualmente, pesadas, amostradas e acondicionadas em sacos plásticos, devidamente identificados. Amostras compostas semanais de sobras e das silagens foram levadas à estufa de ventilação forçada a 65°C por 72 horas, e em seguida moídas em moinho com peneira de malha de 1 mm. Após moídas, as amostras de sobras de cada animal, referentes a 4 semanas consecutivas, foram proporcionalmente pesadas e homogeneizadas, compondo uma amostra composta por cada período de 28 dias. Desta forma, foram obtidas três amostras compostas de sobras para cada animal (1ª a 4ª semanas, 5ª a 8ª semanas e 9ª a 11ª semanas), sendo que a última compreendeu três semanas, pois o experimento encerrou-se no 77º dia.

Os ingredientes do concentrado foram amostrados por partida. As amostras compostas das silagens de milho e capim-elefante foram realizadas por semana e não por período de 28 dias. A partir desse procedimento, foi possível obter o consumo de matéria seca e dos nutrientes de forma semanal, utilizando-se as amostras semanais da silagem e, por período, dos concentrados e das sobras.

Tabela 1 - Proporções dos ingredientes na dieta total e no concentrado e composição nutricional das silagens de milho e capim-elefante, dos ingredientes do concentrado e da dieta total, em % MS

| Ingredientes | % na MS total | Composição do concentrado, % MS | | | |
|------------------------------|---------------|---------------------------------|--|--|--|
| Silagem de milho | 59,50 | - | | | |
| Silagem de capim-elefante | 25,50 | - | | | |
| Fubá de milho | 4,97 | 33,11 | | | |
| Farelo de algodão 42% | 8,51 | 56,74 | | | |
| Uréia/sulfato de amônio | 0,68 | 4,51 | | | |
| Cloreto de sódio | 0,42 | 2,82 | | | |
| Mistura mineral ¹ | 0,42 | 2,82 | | | |

| Composição bromatológica | Dieta total | Silagem de milho | Silagem de capim-elefante | Fubá de milho | Farelo de algodão |
|--------------------------|-------------|------------------|---------------------------|---------------|-------------------|
| MS | 35,45 | 27,21 | 24,55 | 87,13 | 87,02 |
| MO, % MS | 90,69 | 91,42 | 88,85 | 98,70 | 93,52 |
| MM, % MS | 9,31 | 8,58 | 11,15 | 1,30 | 6,48 |
| PB, % MS | 11,80 | 7,50 | 4,60 | 8,27 | 47,65 |
| NIDN, % N total | 19,87 | 17,72 | 33,30 | 10,91 | 3,36 |
| NIDA, % N total | 9,30 | 8,62 | 14,91 | 3,82 | 2,11 |
| EE, % MS | 2,57 | 2,89 | 1,74 | 3,32 | 2,80 |
| FDN, % MS | 60,39 | 61,57 | 80,16 | 12,43 | 31,94 |
| FDNp, % MS | 59,03 | 60,24 | 78,63 | 11,53 | 30,35 |
| CNF, % MS | 18,35 | 20,78 | 3,87 | 76,12 | 12,92 |
| FDA, % MS | 36,80 | 36,05 | 51,92 | 3,20 | 23,17 |
| FDAi, % MS | 18,70 | 16,38 | 29,96 | 1,88 | 14,52 |
| LIG, % MS | 5,13 | 4,09 | 7,25 | 1,10 | 9,41 |
| ED, Mcal/kg MS | 2,50 | | | | |
| EM, Mcal/kg MS | 2,05 | | | | |
| NDT, % | 56,90 | | | | |

¹ Composição da mistura mineral, por kg do produto: cálcio, 240 g; fósforo, 174 g; cobalto, 100 mg; cobre, 1.250 mg; ferro, 1795 mg; flúor (máx), 1740 mg; iodo, 90 mg; manganês, 2000 mg; zinco, 5270 mg; selênio, 15 mg; veículo q.s.p., 1000 g.

As amostras compostas de sobras, silagens e dos ingredientes dos concentrados foram quantificadas quanto aos teores de matéria seca (MS), matéria mineral (MM), nitrogênio total e extrato etéreo (EE), de acordo com recomendações de Silva & Queiroz (2002), sendo que a proteína bruta (PB) foi obtida pelo produto entre o nitrogênio total e o fator 6,25. Os teores de fibra em detergente neutro (FDN) e nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN) foram obtidos de acordo com os protocolos descritos por Van Soest et al. (1991) e

Licitra et al. (1996). A fibra em detergente ácido, o nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA) e a lignina (ácido sulfúrico 72%) foram obtidos pelo método sequencial de Van Soest & Robertson (1980) e por protocolo apresentado por Licitra et al. (1996). Utilizou-se o sistema ANKOM para as avaliações de FDN e FDA, com modificação do saquinho utilizado (5,0 x 5,0 cm, porosidade de 100 µm), que foi confeccionado utilizando-se tecido TNT (100 g/m²). Alpha-amilase estável ao calor foi empregada nas análises de FDN, cujas amostras dos alimentos, das sobras e das fezes, não foram corrigidas para cinzas.

Os carboidratos não-fibrosos (CNF) foram calculados de acordo com o NRC (2001), como: $CNF (\%) = 100 - (\%FDN + (\%PB - \%PIDN) + \%EE + \%cinzas)$. Para o concentrado, em virtude da presença de uréia em sua constituição, o teor de CNF foi calculado como proposto por Hall (2000), sendo $CNF = 100 - ((\%PB - \%PB \text{ derivado da uréia} + \% \text{ de uréia}) + \%FDNp + \%EE + \%cinzas)$.

A densidade energética da dieta, expressa em termos de nutrientes digestíveis totais (NDT), foi estimada a partir da fórmula recomendada pelo NRC (2001): $NDT (\%) = PBD + 2,25 \times EED + CNFD + FDND$, sendo que PBD, EED, CNFD e FDND significam, respectivamente, proteína bruta digestível, extrato etéreo digestível, carboidratos não-fibrosos digestíveis e fibra em detergente neutro (isenta de proteína) digestível. A concentração de energia digestível (ED) da dieta foi obtida pela equação proposta pelo NRC (2001): $ED (\text{Mcal/kg MS}) = 5,6 \times PBD + 9,4 \times EED + 4,2 \times FDND + 4,2 \times CNFD$. A concentração de energia metabolizável (EM) foi considerada como 82% da ED (NRC, 2000). Os coeficientes de digestibilidades foram obtidos conforme descrito a seguir.

Um ensaio de digestibilidade foi realizado na 9ª semana do experimento, quando as fezes de cada animal foram coletadas diretamente no piso das baias, imediatamente após a defecação, em três dias consecutivos, sendo que no primeiro dia a coleta ocorreu na parte da manhã (entre 7 e 8 h), no segundo por volta de 12 horas e no terceiro dia na parte da tarde (entre 16 e 17 h). As fezes, devidamente identificadas, foram pré-secas em estufa de ventilação forçada (65°C) por cerca de 72 horas e moídas em moinho com peneira de 1 mm. A partir das três amostras moídas de fezes, obteve-se, proporcionalmente, uma amostra composta, com base no peso seco ao ar, que foi armazenada em recipientes plásticos para posteriores análises laboratoriais. Durante a semana do ensaio de digestibilidade, os volumosos, as sobras, e os ingredientes do concentrado foram amostrados e analisados

separadamente. A excreção de matéria seca fecal foi estimada a partir da técnica de indicador interno (Cochran et al., 1986), sendo a fibra indigestível em detergente ácido (FDAi) o indicador adotado. Os teores de FDAi das amostras de fezes, bem como de alimentos (volumosos e ingredientes do concentrado) e das sobras foram obtidos por procedimento de incubação *in situ* por 144 horas.

A produção de proteína microbiana, bem como sua eficiência, expressa em g de proteína microbiana por kg de NDT consumido, foi estimada a partir da técnica dos derivados de purina na urina (Chen & Gomes, 1992). Devido à impossibilidade de se efetuar coleta total de urina, adotou-se a coleta *spot* de urina (Valadares et al., 1997), em que o volume urinário diário é estimado a partir da concentração de creatinina na urina (Valadares et al., 1999). A coleta foi realizada na 9ª semana do experimento. Para obtenção da amostra de urina os animais foram levados ao brete de contenção, cerca de 4 horas após o fornecimento da dieta, e tiveram a urina coletada em micção espontânea. Para estimação do volume urinário, utilizou-se a excreção média diária de creatinina, obtida por Barbosa (2005) de 27,07 mg/kg PV/dia, utilizando animais contemporâneos aos usados no presente trabalho. Concomitantemente à coleta de urina, foi obtida uma amostra de sangue de cada animal, a partir de punção da veia jugular, utilizando-se tubos com gel acelerador da coagulação. As amostras de sangue foram centrifugadas a 2.000 rpm durante 15 minutos, sendo o soro resultante armazenado a -15°C, até que fosse analisado quanto ao seu teor de uréia, mediante o uso de kits comerciais.

Na urina foram realizadas as análises de derivados de purinas (alantoína e ácido úrico), por intermédio do método colorimétrico, conforme técnica de Fujihara et al. (1987), descrita por Chen & Gomes (1992). As purinas microbianas absorvidas (X, mmol/dia) foram calculadas a partir da excreção de derivados de purinas na urina (\hat{Y} , mmol/dia), por intermédio da equação:

$$\hat{Y} = 0,85X + 0,385 PV^{0,75}$$

em que 0,85 é a recuperação de purinas absorvidas como derivados urinários de purinas e $0,385 PV^{0,75}$ a contribuição endógena para a excreção de purinas (Verbic et al., 1990).

O fluxo intestinal de compostos nitrogenados (N) microbianos (\hat{Y} , g N/dia) foi calculado em função das purinas microbianas absorvidas (X, mmol/dia), utilizando-se a equação:

$$\hat{Y} = (70X) / (0,83 \times 0,116 \times 1000),$$

em que 70 representa o conteúdo de N nas purinas (mg N/mmol), 0,83 a digestibilidade das purinas microbianas e 0,116 a relação N-purina:N-total nas bactérias (Chen & Gomes, 1992).

Ao final dos experimentos, a urina e o soro foram descongelados à temperatura ambiente e analisados para determinação de creatinina e uréia, segundo o método diacetil modificado e com uso de picrato e acidificante, respectivamente, ambos kits comerciais (Labtest).

A partir da excreção média diária de creatinina, obtida por Barbosa (2005) de 27,07 mg/kg PV/dia, e da concentração de creatinina (mg/L) na amostra de urina *spot*, foi estimado o volume diário de urina, por meio da equação:

$$\text{Volume de urina (L)} = \frac{\text{PV (kg)} \times \text{excreção de creatinina (mg/kg PV)}}{\text{concentração de creatinina (mg/L)}}$$

Esse volume foi utilizado para calcular as excreções estimadas diárias de uréia de cada animal.

A concentração de N-uréia plasmática foi obtida pelo teor de uréia no plasma multiplicado por 0,466, correspondente ao teor de N na uréia. As excreções diárias de uréia foram obtidas por meio do produto entre as concentrações de uréia e o volume urinário estimado.

Ao final do experimento, por meio de ultrassom, modelo Aloka 500-V, dotado de transdutor linear de 17,2 cm (3,5 MHZ), foram coletadas imagens na região lombar compreendida entre a 12^a e 13^a costelas e na altura da garupa, por técnico credenciado junto ao *Ultrasound Guidelines Council* (Iowa, EUA). A interpretação das imagens, para mensuração da área de olho de lombo (AOL) e da espessura de gordura na altura da 12^a costela (EGS) e na garupa (GP8) foi realizada utilizando-se software apropriado.

O consumo residual (CR, kg/dia) de matéria seca foi calculado como a diferença entre o consumo médio de matéria seca (CMS, kg/dia), mensurado ao longo do experimento e o consumo estimado, segundo a equação de regressão com o seguinte modelo:

$$\text{CMS} = \beta_0 + \beta_1 \times \text{PVM} + \beta_2 \times \text{GMD} + e,$$

em que o resíduo *e* representa o consumo residual; PVM, o peso vivo médio metabólico (kg^{0,75}); e GMD, o ganho médio diário (kg/dia). A equação foi ajustada

utilizando-se o programa estatístico SAS (1989). O consumo de matéria seca para manutenção (CMS Mant.) foi estimado assumindo-se eficiência líquida para ganho de peso constante. Dessa forma, o CMS Mant. foi estimado a partir da equação: CMS Mant. = CMS total - β_2 x GMD.

Para determinação de possíveis diferenças nos parâmetros avaliados entre os animais considerados mais (baixo consumo residual) ou menos (alto consumo residual) eficientes, procedeu-se à divisão dos animais em três grupos distintos. Aqueles animais que apresentaram valores de consumo residual maiores que a média geral + 0,5 vezes o desvio-padrão foram classificados como sendo animais de alto consumo residual. Inversamente, os animais cujos valores individuais de CR foram inferiores à média geral - 0,5 vezes o desvio-padrão foram considerados mais eficientes (baixo consumo residual). Os animais cujos valores de CR se localizaram entre os limites dos animais com baixo e alto CR foram agrupados como sendo de médio consumo residual. Essa subdivisão é comumente empregada em trabalhos envolvendo a avaliação da eficiência alimentar em bovinos de corte (Richardson & Herd, 2004; Basarab et al., 2004) e só foi possível de ser realizada nesse trabalho pela ausência de efeito de classe sexual sobre o consumo residual.

Todos os procedimentos estatísticos foram realizados considerando-se nível de probabilidade de 5%, sendo classe sexual (machos inteiros, machos castrados e fêmeas) ou classificação quanto ao CR (alto ou baixo) as únicas fontes de variação testadas. Utilizaram-se os programas estatísticos SAS (1989) e MINITAB (1994) e adotou-se o nível de probabilidade de 5% para todos os testes realizados.

Resultados e Discussão

Ao início do experimento, os machos inteiros e castrados apresentavam peso superior em relação às fêmeas ($P < 0,05$), não diferindo entre si (Tabela 2). Ao final do período de alimentação, os machos inteiros foram os mais pesados ($P < 0,05$), seguidos dos machos castrados e das fêmeas, que apresentaram-se mais leves (Tabela 2), concordando com Berg & Butterfield (1976), segundo os quais, ao início da fase de terminação, as fêmeas tendem a ser mais leves que os machos castrados e esses mais leves que os inteiros. Essa diferença foi

decorrente da maior ($P < 0,05$) taxa de crescimento dos machos inteiros (0,82 kg/dia) em relação aos castrados (0,70 kg/dia) e fêmeas (0,65 kg/dia), que não diferiram entre si ($P > 0,05$).

Por outro lado, Choat et al. (2003), trabalhando com machos castrados e novilhas, detectaram que o ganho médio diário foi inferior nas novilhas, o que não ocorreu neste trabalho. A diferença no ganho de peso entre os machos inteiros e castrados foi da ordem de 15%, corroborando trabalho de Purchas & Grant (1995). De acordo com esses autores, machos inteiros crescem cerca de 10 a 20% mais rapidamente que machos castrados, sob boas condições de alimentação e manejo. Já é bem estabelecido que durante a fase de terminação, machos castrados apresentam menor desempenho (taxa de ganho de peso e de carcaça) e maior conversão alimentar que machos inteiros, abatidos à mesma idade (Kirkland et al., 2005). Os hormônios endógenos secretados pelos testículos são os responsáveis em promover essa maior taxa de ganho de peso, predominantemente pelo acréscimo na taxa de deposição protéica, resultando em aumento da área de olho de lombo, com efeitos mínimos sobre a deposição lipídica (Schoonmaker et al., 2002). Disso decorre o fato de os machos inteiros terem apresentado carcaças mais magras e mais musculosas, conforme será discutido posteriormente.

Em relação ao consumo de matéria seca (kg/dia), detectou-se que os machos inteiros consumiram cerca de 9,5% mais que as fêmeas ($P < 0,05$), sendo que os machos castrados apresentaram consumo intermediário (Tabela 2). Porém, essas diferenças podem ser atribuídas às diferenças de peso entre as diferentes classes sexuais, visto que quando o consumo foi corrigido para o peso vivo não foi mais detectada diferença ($P > 0,05$) entre as classes sexuais (média de 2,27% do PV). Bailey & Duff (2005), no entanto, ao revisarem a literatura, citaram que machos inteiros apresentariam maior consumo absoluto de matéria seca do que machos castrados, justamente para sustentar seu maior ganho de peso; porém, consumiriam menos por unidade de peso vivo ou peso metabólico, fazendo com que apresentassem melhor conversão alimentar.

Tabela 2 - Desempenho, consumo residual e características de carcaça de bovinos Nelore de diferentes classes sexuais

| Item | Classe sexual | | | Desvio-padrão | Valor P |
|--|-------------------------|--------------------------|-----------------|---------------|----------|
| | Macho inteiro n = 16 | Macho castrado n = 15 | Fêmea n = 16 | | |
| Pevo vivo inicial, kg | 276,2a | 265,8a | 245,5b | 14,52 | < 0,0001 |
| Peso vivo final, kg | 339,6a | 317,9b | 295,2c | 18,36 | < 0,0001 |
| Ganho médio diário, kg/dia | 0,82a | 0,70ab | 0,65b | 0,16 | 0,010 |
| Consumo de MS, kg/dia | 6,82a | 6,46ab | 6,17b | 0,46 | < 0,0001 |
| Consumo de MS, g/kg PV | 22,5 | 22,6 | 22,9 | 0,12 | 0,574 |
| Consumo de MS, g/kg PV ^{0,75} | 93,90 | 92,83 | 92,83 | 4,79 | 0,768 |
| Consumo residual, kg/dia | - 0,0374 | - 0,0019 | 0,0396 | 0,2858 | 0,749 |
| Eficiência alimentar, kg ganho/kg MS ingerida | 0,121 | 0,107 | 0,104 | 0,022 | 0,093 |
| Espessura de gordura 12 ^a costela, mm | 2,30b | 2,66ab | 2,98a | 0,70 | 0,032 |
| Espessura de gordura na garupa, mm | 5,71 | 5,74 | 6,22 | 1,41 | 0,529 |
| Área de olho de lombo, cm ² | 67,27a | 61,38b | 61,02b | 4,94 | < 0,001 |
| Área de olho de lombo, cm ² /kg peso corporal | 0,198 | 0,193 | 0,207 | 0,018 | 0,11 |

Médias na linha seguidas por letras diferentes diferem entre si (P<0,05) pelo teste Tukey.

A equação de regressão para predição do consumo de matéria seca (CMS), obtida a partir dos dados experimentais obtidos nesse trabalho foi a seguinte:

$$\text{CMS estimado} = -0,453 + 0,0896 \times \text{PVM} + 0,9815 \times \text{GMD} \quad r^2 = 0,709; S_{xy} = 0,29,$$

em que PVM representa o peso vivo médio metabólico dos animais (kg^{0,75}) e GMD o ganho médio diário (kg/dia) observado ao longo do experimento. O GMD foi obtido como a inclinação da equação de regressão traçada entre os dias de pesagem e o peso vivo dos animais. O fator condição sexual e espessura de gordura subcutânea foram testados no modelo de predição do consumo, mas mostraram-se não-significativos (P>0,05) sendo, portanto, desconsiderados. Hughes & Pitchford (2004) também não encontraram efeito de sexo sobre o consumo residual. A inserção de dados de composição da carcaça, como espessura de gordura e área de olho de lombo, no modelo de predição do consumo não tem contribuído para elevar a precisão e acurácia da equação (Szasz et al., 2004), uma vez que variações na composição corporal explicam menos de 10% da variação no consumo de matéria seca.

O consumo residual (CR) médio de matéria seca não diferiu ($P>0,05$) entre as classes sexuais, o mesmo ocorrendo para a eficiência alimentar. Vale salientar que a média de CR de todos os animais foi zero, pois essa característica representa o resíduo da equação de regressão citada anteriormente, e, por definição, a esperança do erro é nula. Isso justifica também o fato de somente uma equação de regressão de predição de consumo ter sido utilizada para todos os animais, independentemente da classe sexual. Caso três equações distintas tivessem sido construídas, para cada classe sexual independentemente, a comparação entre as médias de consumo residual dos machos inteiros, castrados e das fêmeas seria impossível de ser realizada, já que as três médias seriam iguais a zero (representativas da média dos resíduos de cada equação separadamente).

A variação observada nos valores de CR foi de - 0,74 a + 0,52 kg/dia (Figura 2), ou seja, uma diferença de 1,26 kg entre os dois animais mais e menos eficientes do experimento. Essa amplitude de variação é consistentemente menor que os dados presentes na literatura (2,64 kg/dia - Szasz et al., 2004; 3,22 kg/dia – Golden & Kerley, 2004; 3,22 kg/dia – Kolath et al., 2006; 3,60 kg/dia – Lanna & Almeida, 2004a; 2004b), fato que pode ser explicado pela homogeneidade dos animais do presente trabalho, que apresentaram histórico nutricional idêntico, pois foram mantidos nas mesmas condições desde o nascimento. A utilização de animais provenientes de diversas origens, que foram submetidos a planos nutricionais distintos, pode resultar em medidas de desempenho, consumo e eficiência alimentar carregadas de efeitos residuais da nutrição anterior, o que pode resultar em maior variabilidade dos dados. A magnitude das variações individuais em relação às exigências de manutenção também pode ser responsável por essa variação no consumo residual de animais contemporâneos (Johnson et al., 2003), já que estão relacionadas. Em alguns estudos têm-se sugerido que essa variação entre indivíduos contemporâneos quanto às exigências de energia metabolizável para manutenção, mensurada pelo coeficiente de variação, pode variar de 5 a 35% (Webster et al., 1982), sendo que, para bovinos de corte, especificamente, essa variação tem ficado ao redor de 10 a 12% (Johnson et al., 2003). Nesse sentido, as variações observadas no consumo residual podem ser devido, em certa parte, por essas flutuações individuais nas exigências energéticas de manutenção.

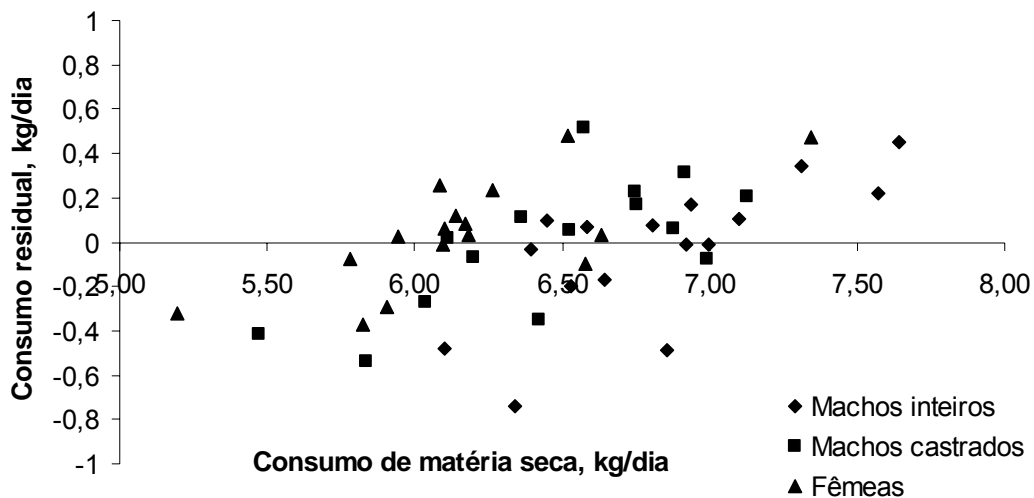


Figura 2 - Representação gráfica do consumo residual observado em bovinos Nelore de diferentes classes sexuais.

Conforme esperado, o CR não foi correlacionado com a taxa de ganho de peso e o peso vivo médio metabólico dos animais (Figura 3 e Tabela 4). Sempre que a equação de predição do consumo é obtida a partir dos dados experimentais, as correlações entre o consumo residual e o ganho médio diário e o peso vivo médio metabólico serão nulas, pois, por definição estatística, a covariância entre o resíduo e as variáveis predictoras é zero. Essa é a razão pela qual o consumo residual é fenotipicamente independente do crescimento e do tamanho corporal (Carstens et al., 2002). Entretanto, se o consumo estimado for obtido por meio de outra equação de predição, como por exemplo, aquelas recomendadas pelo NRC (2000), já não há mais garantia que essa prerrogativa permaneça sendo zero. Arthur et al. (2001) verificaram que nesse tipo de situação - no caso específico utilizaram equações de predição de consumo sugerida pelo CSIRO (1990) - as correlações genéticas entre o consumo residual e o ganho médio diário e o peso vivo foram de, respectivamente, 0,10 e 0,32, portanto diferentes de zero.

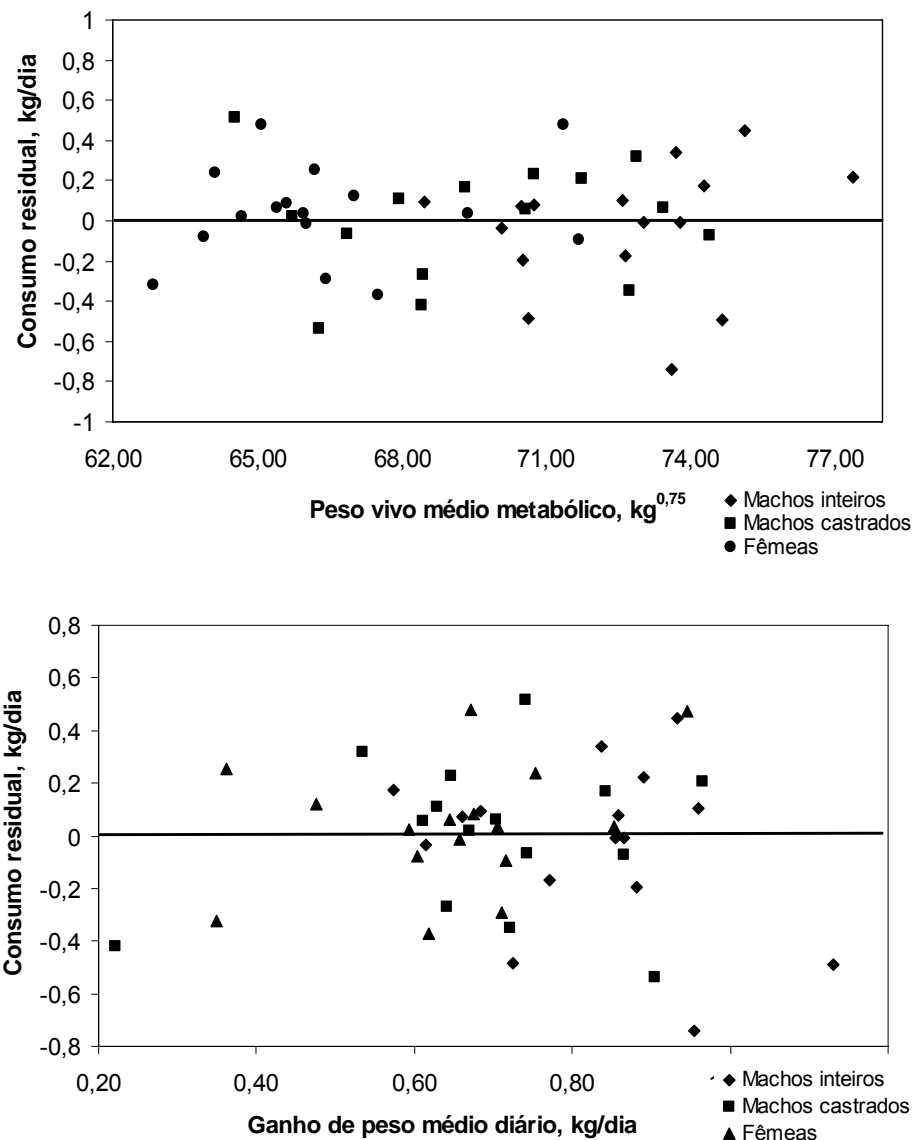


Figura 3 - Relação entre o consumo residual de matéria seca e o peso vivo médio metabólico ou o ganho médio diário de bovinos Nelore, de difentes classes sexuais.

As novilhas apresentaram maior espessura de gordura subcutânea, medida entre as 12^a e 13^a costelas, em relação aos machos inteiros ($P < 0,05$), enquanto que os machos castrados apresentaram valor intermediário (Tabela 2). Entretanto, não houve diferença significativa entre as classes sexuais para a espessura de gordura na altura da garupa, evidenciando que nessa região a deposição de gordura processa-se de forma mais precoce que na altura das costelas (Belk et al., 1991). Choat et al. (2003) não encontraram diferença na

espessura de gordura subcutânea entre machos castrados e novilhas, apesar do peso ao abate e da carcaça ter sido superior nos novilhos. De outra forma, Crews Jr. et al. (2002), utilizando ultrasonografia, observaram que machos castrados apresentaram mais gordura de cobertura que as fêmeas, tendo os machos inteiros menor espessura de gordura subcutânea. Diferenças em termos de acabamento de carcaça decorrentes de sexo são dependentes de alguns outros fatores, como oferta e qualidade da dieta, idade ao momento da mensuração, qualidade genética dos animais, peso, raça, qualidade da imagem (caso sejam utilizadas medidas ultrasonográficas), entre outros, que podem resultar em diferenças no padrão de deposição de gordura nos animais. Talvez devido a esses fatores é que se observam dados variados na literatura quanto ao efeito de classe sexual sobre o conteúdo de gordura na carcaça dos animais.

Os machos inteiros apresentaram maior ($P < 0,05$) área de olho de lombo (AOL) ($67,27 \text{ cm}^2$) em relação aos machos castrados e às fêmeas ($61,2 \text{ cm}^2$), que não diferiram entre si ($P > 0,05$), corroborando o trabalho de Choat et al. (2003), em que a AOL de machos castrados foi semelhante a de novilhas. Crews Jr et al. (2002) também verificaram, utilizando ultrasonografia, que a AOL foi similar entre machos castrados e fêmeas, sendo inferiores à AOL mensurada nos machos inteiros, refletindo o maior ganho de peso e ímpeto mais pronunciado para crescimento muscular dos machos inteiros. Entretanto, quando o valor de área de olho lombo foi apresentado em relação ao peso corporal (cm^2/kg de peso), as diferenças devido a classe sexual deixaram de existir (Tabela 2).

Os resultados observados para as características de carcaça foram condizentes, visto que machos castrados e fêmeas depositam gordura de forma mais precoce que machos inteiros, cujas carcaças tendem a ser mais pesadas, magras e musculosas. Apesar de ter sido detectada adequada deposição de gordura na região do traseiro, o mesmo não foi observado na altura das costelas. Por se tratar de uma região onde a deposição de gordura é mais tardia, seria necessário um maior tempo de confinamento para que os animais apresentassem maior peso e cobertura de gordura adequada.

Quando os animais foram agrupados de acordo com o CR, ou seja, animais com alto e baixo CR, respectivamente, notou-se que não houve diferença significativa para as variáveis estudadas ($P > 0,05$), exceto para o consumo de

matéria seca ($P < 0,05$) (Tabela 3). Os animais mais eficientes (baixo CR) apresentaram o mesmo ganho de peso dos menos eficientes (0,72 kg/dia), porém, consumiram 11,5% menos. Almeida et al. (2004), trabalhando com novilhos Nelore, porém de idade mais avançada (36 meses) em relação aos animais deste experimento, detectaram que os animais com alto consumo residual consumiram 26% mais que os novilhos menos eficientes, porém obtiveram mesmo ganho médio diário (GMD) (1,3 kg/dia). Carstens et al. (2002) e Basarab et al. (2003) encontraram diferenças no consumo de matéria seca (CMS) entre grupos de animais mais e menos eficientes de 21 e 12%, respectivamente. Em adição, Richardson et al. (2004) verificaram que a diferença de consumo entre os dois grupos de animais (mais e menos eficientes) foi de menor magnitude (6%).

A variação genética no consumo de alimentos, após descontadas possíveis diferenças devido à taxa e composição do ganho de peso, parece ser predominantemente, senão totalmente, explicada por diferenças nos custos energéticos relacionados à manutenção por unidade de tamanho metabólico (Nielsen, 2004). Essa tem sido uma das argumentações em torno do CR. Conforme pode ser observado na Tabela 3, os animais com alto CR demandaram por volta de 12% mais de matéria seca ($P < 0,001$) para manutenção que os animais com baixo consumo residual, demonstrando que as diferenças observadas no consumo de matéria seca entre os dois grupos podem, ao menos em parte, ser atribuídas às variações na manutenção.

Alguns autores têm sugerido que, além do CMS em si, alguns padrões de consumo variam entre animais mais e menos eficientes. Golden & Kerley (2004) verificaram que animais mais eficientes consomem menos alimento e gastam menos tempo consumindo a dieta (menor taxa de bocados por dia) que os animais menos eficientes. Herd et al. (2004), revisando a literatura acerca de mecanismos fisiológicos relacionados ao CR, constataram que animais com alto consumo residual permaneciam 13% mais tempo nas baias de alimentação que os animais com menor consumo residual. A esse maior tempo, somam-se maiores gastos energéticos relacionados à apreensão, mastigação, ruminação da dieta, o que, segundo Herd et al. (2004), representa 5% da energia consumida a mais pelos animais menos eficientes em relação aos mais eficientes. Além dessa associação entre maior tempo gasto com atividades relacionadas ao consumo e

ruminação em animais com alto consumo residual, outro aspecto importante que pode ser influenciado por essa questão comportamental é a taxa de passagem dos alimentos, que pode ter efeito sobre a digestibilidade da dieta.

Percebe-se que em termos de eficiência alimentar, medida como kg de ganho/kg de MS consumida, não foi detectada diferença entre os dois grupos de consumo residual (Tabela 3). Diferenças em eficiência alimentar, sob o ponto de vista do CR, têm sido creditadas a possíveis diferenças nas exigências de manutenção entre os animais mais e menos eficientes. Conforme pode ser observado na Tabela 3, essas diferenças em CR não foram acompanhadas por alterações nas principais características de carcaça de animais Nelore. Fato semelhante foi observado por Almeida et al. (2004). Reforçando ainda mais esse achado, na Tabela 4 pode-se observar que as correlações entre o consumo residual e as três características de carcaça mensuradas (EGS, EP8 e AOL) não foram significativas ($P > 0,05$). Tal constatação sugere que a seleção de animais Nelore mais eficientes em termos de utilização de alimentos não traria respostas indesejáveis em termos de qualidade de carcaça.

Tabela 3 - Consumo, desempenho, eficiência alimentar e características de carcaça, mensuradas por ultrasonografia, de bovinos Nelore de três classes sexuais, classificados como apresentando alto ou baixo consumo residual

| Item | Consumo residual | | Desvio-padrão | Valor P |
|--|-----------------------------|------------------------------|---------------|----------|
| | Alto ¹ n = 12 | Baixo ² n = 12 | | |
| Pevo vivo inicial, kg | 267,50 | 261,20 | 21,57 | 0,480 |
| Peso vivo final, kg | 323,30 | 316,20 | 28,70 | 0,552 |
| Ganho médio diário, kg/dia | 0,73 | 0,72 | 0,22 | 0,919 |
| Consumo de MS, kg/dia | 6,89a | 6,10b | 0,49 | 0,001 |
| Consumo de MS, % do PV | 2,37a | 2,13b | 0,09 | < 0,0001 |
| Consumo de MS, g/kg PV ^{0,75} | 97,86a | 87,54b | 3,55 | < 0,0001 |
| Consumo residual, kg/dia | 0,3216a | -0,3867b | 0,14 | < 0,0001 |
| CMS Mant., g/kg ^{0,75} /dia | 87,72a | 77,49b | 2,00 | < 0,0001 |
| Eficiência alimentar, kg ganho/kg MS ingerida | 0,105 | 0,116 | 0,03 | 0,365 |
| Espessura de gordura 12 ^a costela, mm | 2,64 | 2,38 | 0,75 | 0,406 |
| Espessura de gordura na garupa, mm | 5,62 | 6,07 | 1,10 | 0,318 |
| Área de olho de lombo, cm ² | 64,00 | 63,44 | 5,52 | 0,804 |
| Área de olho de lombo, cm ² /kg peso | | | | |

¹ Consumo residual maior que a média geral + 0,5 x desvio-padrão.

² Consumo residual menor que a média geral + 0,5 x desvio-padrão.

Médias na linha seguidas por letras diferentes diferem entre si ($P < 0,05$) pelo teste Tukey.

No entanto, resultados apresentados na literatura têm sido inconsistente quanto à associação entre consumo residual e composição da carcaça e do corpo vazio. Szasz et al. (2004) verificaram que medidas ultrasonográficas de área de olho de lombo e gordura intramuscular não estavam correlacionadas com o CR, ao contrário da espessura de gordura, que apresentou correlação significativa com o consumo residual de 0,28. Basarab et al. (2003) citaram que o CR está relacionado com a composição do ganho de peso, onde animais mais eficientes tenderiam a apresentar carcaças mais magras, com menor acabamento e menor quantidade de gordura intramuscular, o que poderia, inclusive, afetar aspectos qualitativos da carne, não sendo interessante do ponto de vista mercadológico (McDonagh et al., 2001; Baker et al., 2006). Analisando-se do ponto de vista de eficiência de deposição de tecidos, a constatação desses autores sustenta-se, já que a energia requerida para depositar 1 kg de tecido magro é cerca de 25% da energia necessária para depositar a mesma quantidade de gordura (Baldwin, 1995).

Por outro lado, as questões fisiológicas e metabólicas associadas com o CR são bem mais complexas. Uma das principais explicações para as variações individuais observadas em termos de consumo residual estaria relacionada às diferenças em termos de exigências de manutenção. Animais mais eficientes apresentariam menor exigência de manutenção que os animais menos eficientes. O *turnover* protéico corporal e o processo fisiológico relacionado com o transporte iônico (bomba de sódio e potássio) seriam os principais determinantes das variações individuais em relação às exigências energéticas para manutenção e, conseqüentemente, em consumo residual. O papel das proteínas desacopladoras do transporte de elétrons em nível mitocondrial chegou a ser considerado como um fator ligado às variações no CR, mas foi refutado recentemente (Kolath et al., 2006). Seguindo então a linha de pensamento de que animais mais eficientes apresentariam carcaças mais magras (Szasz et al., 2004), com maior conteúdo de músculos em relação a gordura, pode-se indagar, em um passo adiante, se essa maior quantidade de músculo e, portanto, proteína, não representaria maiores gastos energéticos para manutenção, visto que o *turnover* protéico corporal é um dos grandes drenos de energia no organismo.

Caton et al. (2000) realizaram revisão de literatura em relação aos componentes metabólicos de gasto energético em bovinos de corte e constataram que o tecido muscular, que representa mais de 40% do peso de corpo vazio total do animal, é responsável pelo consumo de cerca de 21% (15 a 26%) do total de energia gasta pelo corpo, sendo que o *turnover* protéico (síntese e degradação) nesse tecido representa 23% do total de energia por este requerida. Por outro lado, as vísceras (principalmente fígado e intestinos) e os órgãos internos, cuja massa total representa somente 6 a 7% do peso de corpo vazio, são responsáveis pelo consumo de 55% do total de energia gasta pelo corpo. Mais uma vez o *turnover* protéico visceral representa parcela significativa (42%) do gasto energético total do sistema gastrintestinal (Baldwin, 1995). Fica evidente, portanto, que a composição da carcaça por si, inferida por características indicadoras (EGS e AOL), não apresenta elementos capazes de levar a conclusões sólidas de que variações na sua composição seriam responsáveis por variações no consumo residual dos animais. Richardson & Herd (2004) apresentaram uma tentativa de quantificar a contribuição de diferentes mecanismos fisiológicos sobre a variação no consumo residual de bovinos e concluíram que cerca de 73% dessa variação foi explicada por seis processos distintos, com destaque para *turnover* protéico e metabolismo tissular (37% da variação), enquanto a composição corporal teve contribuição de somente 5%. Desta forma, trabalhos relacionados ao metabolismo visceral e da musculatura esquelética são necessários para maior elucidação da contribuição de cada processo fisiológico sobre as variações individuais de consumo residual.

White et al. (2004), utilizando a técnica do calorímetro indireto, não encontraram diferença significativa em relação à produção de calor em jejum (98,5 vs 102,1 kcal/kg^{0,75}) e às exigências de energia metabolizável para manutenção (148,4 vs 151,0 kcal/kg^{0,75}) entre os animais de baixo e alto consumo residual, e justificaram que essa ausência de efeito poderia ser creditada a alterações observadas no comportamento ingestivo e na atividade física dos animais mantidos em câmeras calorimétricas. No entanto, Nkrumah et al. (2006), com a aplicação da mesma técnica, verificaram que a produção de calor foi 21% superior para o grupo de animais de alto consumo residual, em relação aos animais de baixo consumo residual. Conseqüentemente, os animais mais eficientes retiveram 44% mais energia no corpo que os menos eficientes,

evidenciando que os gastos energéticos associados à produção de calor endógeno estão intimamente associados às variações individuais observadas no consumo residual. Castro et al. (2006, dados não publicados) detectaram diferença significativa em termos de exigências de energia metabolizável para manutenção entre os animais menos e mais eficientes (154,0 vs 100 kcal/kg^{0,75}), sendo o cálculo baseado na retenção de energia no corpo vazio (mensurada a partir da diferença na composição corporal inicial e final dos animais) e no consumo de energia metabolizável ao longo do período experimental.

Ao se avaliarem as correlações fenotípicas encontradas entre as principais características de desempenho e de carcaça (Tabela 4), nota-se que o consumo residual foi positivamente correlacionado somente com o consumo de matéria seca ($r = 0,54$; $P < 0,05$). Ou seja, animais com maior consumo residual (menos eficientes) tenderiam a apresentar também maiores consumos de matéria seca, o que realmente ocorreu (Tabela 3). Esse fato tem levado alguns autores a sugerir que a seleção para consumo residual poderia acarretar em uma redução na capacidade de consumo dos animais (Crews Jr., 2004), podendo, num futuro próximo limitar a capacidade de ganho de peso desses animais, já que o desempenho está totalmente ligado à ingestão de nutrientes. A eficiência alimentar, por outro lado, mostrou-se altamente correlacionada com o ganho médio diário ($r = 0,95$; $P < 0,05$), demonstrando que uma possível seleção para essa característica acarretaria em aumentos graduais no peso à maturidade dos animais, visto que a correlação entre o GMD e o peso médio metabólico também é moderadamente positiva. A correlação entre as duas características de eficiência alimentar não foi significativa, sugerindo que são medidas com aspectos distintos de eficiência (Almeida et al., 2004).

Os consumos médios diários dos nutrientes (Tabela 5) apresentaram comportamento semelhante ao observado para o consumo de matéria seca. Quando expressos em kg/dia, diferenças significativas ($P < 0,05$) devido ao fator classe sexual foram detectadas para o consumo de todos os nutrientes. Os machos inteiros apresentaram maiores consumos ($P < 0,05$), enquanto as fêmeas consumiram menores quantidades ($P < 0,05$), ficando os machos castrados em posição intermediária. Porém, quando os consumos foram expressos em função do peso, as diferenças entre as classes sexuais deixaram de existir ($P > 0,05$), denotando que os consumos dos machos inteiros foram superiores devido ao fato

de serem os animais mais pesados, portanto, com capacidade de consumo superior, em termos absolutos. O consumo observado de FDN, em relação ao peso está acima do limite máximo de 1,2%, sugerido por Mertens et al. (1994), demonstrando, como notado em outros trabalhos, que em condições tropicais esse limite de consumo é superior (Gontijo Neto et al., 2006; Chizzotti et al., 2005, Ribeiro et al., 2005).

Tabela 4 - Correlações fenotípicas entre diferentes características de desempenho, eficiência alimentar e características de carcaça de bovinos Nelore de três classes sexuais

| Característica | CMS | GMD | EA | CR | EGS | GP8 | AOL |
|----------------|--------|--------|--------|------------|------------|------------|------------|
| PVM | 0,794* | 0,521* | 0,309* | 0,000 ns | - 0,058 ns | 0,004 ns | 0,430* |
| CMS | - | 0,652* | 0,396* | 0,541* | 0,016 ns | - 0,086 ns | 0,361* |
| GMD | | - | 0,950* | 0,003 ns | - 0,072 ns | - 0,141 ns | 0,279* |
| EA | | | - | - 0,197 ns | - 0,090 ns | - 0,157 ns | 0,207 ns |
| CR | | | | - | 0,142 ns | - 0,067 ns | 0,004 ns |
| EGS | | | | | - | 0,427* | - 0,044 ns |
| GP8 | | | | | | - | 0,165 ns |

* significativo a 5% de probabilidade.

PVM = peso vivo médio metabólico, kg^{0,75}.

CMS = consumo de matéria seca, kg/dia.

GMD = ganho médio diário, kg/dia.

EA = eficiência alimentar, GMD/CMS.

CR = consumo residual, kg/dia.

EGS = espessura de gordura subcutânea, mensurada entre a 12ª e 13ª costelas, mm.

GP8 = espessura de gordura, mensurada na garupa, mm.

AOL = área de olho de lombo, cm².

Tabela 5 - Consumos de nutrientes de bovinos Nelore de diferentes classes sexuais

| Item | Classe sexual | | | Desvio-padrão | Valor P |
|-------------------------------------|-------------------------|--------------------------|-----------------|---------------|---------|
| | Macho inteiro n = 16 | Macho castrado n = 15 | Fêmea n = 16 | | |
| Consumos, kg ou g/dia | | | | | |
| MO | 6,26a | 5,88ab | 5,68b | 0,45 | 0,002 |
| PB | 813,56a | 772,93ab | 737,50b | 52,62 | 0,001 |
| EE | 188,20a | 179,21ab | 172,23b | 11,97 | 0,002 |
| FDN | 4,09a | 3,87ab | 3,69b | 0,28 | 0,001 |
| CNF | 1,37a | 1,30ab | 1,25b | 0,088 | 0,002 |
| NDT | 3,89a | 3,77ab | 3,55b | 0,30 | 0,010 |
| Consumos, g/kg de PV | | | | | |
| MO | 20,7 | 20,5 | 21,1 | 1,2 | 0,388 |
| PB | 2,7 | 2,7 | 2,7 | 0,14 | 0,521 |
| EE | 0,62 | 0,63 | 0,64 | 0,30 | 0,205 |
| FDN | 13,5 | 13,5 | 13,7 | 0,7 | 0,576 |
| CNF | 4,5 | 4,6 | 4,6 | 0,23 | 0,354 |
| NDT | 12,8 | 13,2 | 13,2 | 0,9 | 0,439 |
| Consumo, kcal/kg PV ^{0,75} | | | | | |
| ED | 241,04 | 243,97 | 240,59 | 16,25 | 0,823 |

Médias na linha seguidas por letras diferentes diferem entre si (P<0,05) pelo teste Tukey.

As digestibilidades aparentes totais não diferiram ($P>0,05$) entre as classes sexuais, com exceção da digestibilidade do extrato etéreo (DEE), que foi superior nos machos inteiros, em relação aos machos castrados e as fêmeas (Tabela 6). Rainey et al. (2003) não detectaram diferenças significativas para a conversão alimentar e as digestibilidades da MO, PB, FDN e amido, entre novilhos e novilhas de 100 dias de idade. Os coeficientes de digestibilidade aparente dos nutrientes encontrados estão dentro da faixa de valores observados em trabalhos nacionais (Véras et al., 2000; Silva et al., 2005; Pereira et al., 2006;) utilizando bovinos de corte alimentados com forragens tropicais e níveis baixos de concentrado na dieta. A digestibilidade da FDN foi inferior ao verificado nos trabalhos citados acima, provavelmente devido à silagem de capim-elefante, que apresentou elevado teor de fibra e lignina e baixa concentração de CNF e proteína, o que pode ter contribuído para limitar tanto a taxa quanto a extensão da digestão da porção fibrosa da dieta. Além disso, o concentrado foi formulado à base de farelo de algodão, um alimento protéico com teor de fibra mais pronunciado.

Tabela 6 - Coeficientes de digestibilidade aparente total de MS, MO, PB, EE, FDN e CNF e teor de NDT das dietas de bovinos Nelore de diferentes classes sexuais

| Item | Classe sexual | | | Desvio-padrão | Valor P |
|---|-------------------------|--------------------------|-----------------|---------------|---------|
| | Macho inteiro n = 16 | Macho castrado n = 15 | Fêmea n = 16 | | |
| Coeficientes de digestibilidade aparente total, % | | | | | |
| MS | 55,17 | 56,64 | 55,76 | 2,89 | 0,371 |
| MO | 60,53 | 62,04 | 61,26 | 2,78 | 0,329 |
| PB | 67,08 | 68,76 | 66,68 | 2,62 | 0,078 |
| EE | 90,23 a | 85,53 b | 86,37 b | 3,87 | 0,003 |
| FDN | 44,03 | 45,38 | 44,44 | 3,86 | 0,616 |
| CNF | 83,04 | 85,82 | 85,94 | 4,54 | 0,138 |
| NDT | | 56,90 | | | |

Médias na linha seguidas por letras diferentes diferem entre si ($P<0,05$) pelo teste Tukey.

Os coeficientes de digestibilidade da matéria seca e dos demais nutrientes entre os dois grupos de consumo residual (Tabela 8) não foram diferentes ($P>0,05$), apesar de os animais do grupo com alto consumo residual terem consumido 11% mais de matéria seca que os animais de baixo consumo residual. Como a dieta fornecida foi a mesma, a diferença observada no consumo de matéria seca refletiu-se sobre os consumos de todos os nutrientes (Tabela 7). As

correlações entre os coeficientes de digestibilidade da matéria seca e dos demais nutrientes e o consumo residual foram não-significativas ($P>0,05$) (dados não apresentados), corroborando o trabalho de Richardson et al. (2004b), em que o consumo residual mensurado ao longo de todo o período experimental não foi correlacionado com a digestibilidade. Esses mesmos autores também verificaram que a digestibilidade da matéria seca não diferiu entre os animais com alto e baixo consumo residual, apresentando valor médio de 66%.

Tabela 7 - Consumos de MO (CMO), PB (CPB), EE (CEE), FDN (CFDN), CNF (CCNF), NDT (CNDT) e ED (CED) de bovinos Nelore de três classes sexuais, classificados como apresentando alto ou baixo consumo residual

| Item | Consumo residual | | Desvio-padrão | Valor P |
|-------------------------------------|-----------------------------|------------------------------|---------------|----------|
| | Alto ¹ n = 12 | Baixo ² n = 12 | | |
| Consumos, kg ou g/dia | | | | |
| CMO | 6,33a | 5,61b | 0,45 | 0,001 |
| CPB | 821,08a | 729,83b | 57,35 | 0,001 |
| CEE | 189,71a | 169,76b | 12,71 | 0,001 |
| CFDN | 4,13a | 3,65b | 0,30 | 0,001 |
| CCNF | 1,38a | 1,23b | 0,09 | 0,001 |
| CNDT | 3,91a | 3,49b | 0,28 | 0,001 |
| Consumos, g/kg de PV | | | | |
| CMO | 21,8a | 19,6b | 0,8 | < 0,0001 |
| CPB | 2,8a | 2,5b | 0,12 | < 0,0001 |
| CEE | 0,65a | 0,59b | 0,03 | < 0,0001 |
| CFDN | 14,2a | 12,7b | 0,53 | < 0,0001 |
| CCNF | 4,8a | 4,3b | 0,18 | < 0,0001 |
| CNDT | 13,5a | 12,2b | 0,9 | 0,002 |
| Consumo, kcal/kg PV ^{0,75} | | | | |
| CED | 244,54a | 220,62b | 14,20 | < 0,0001 |

¹ Consumo residual maior que a média geral + 0,5 x desvio-padrão.

² Consumo residual menor que a média geral + 0,5 x desvio-padrão.

Médias na linha seguidas por letras diferentes diferem entre si ($P<0,05$) pelo teste Tukey.

Aumentos no consumo em relação aquele necessário para a manutenção resulta em decréscimo na digestibilidade da dieta (Van Soest, 1994), visto que a taxa de passagem e as perdas de energia através das fezes tendem a aumentar (Williams & Jenkins, 2003). Entretanto, apesar da expectativa de que a digestibilidade descreça à medida que a taxa de passagem aumenta, mensurações relatadas na literatura não substanciam esse efeito (Van Soest,

1994), uma vez que as pequenas depressões na digestibilidade são difíceis de serem detectadas. Além disso, a depressão na digestibilidade é função não só da taxa de passagem, como também da taxa de digestão, fazendo com que porções mais digestíveis da parede celular sejam potencialmente mais negativamente afetadas pelo nível de consumo (Van Soest, 1994). Esse efeito foi quantificado pelo NRC (2001) que, ao sugerir descontos na digestibilidade em função do nível de consumo acima da manutenção, atesta que para dietas com até 60% de NDT, o decréscimo na digestibilidade devido ao nível de consumo é negligenciável. Essa pode ter sido a explicação para o fato de não ter sido detectada nenhuma diferença significativa entre as digestibilidades dos animais com alto e baixo consumo residual, já que o NDT da dieta do presente trabalho foi de 56,90%, portanto abaixo dos 60% sugeridos pelo NRC (2001).

Dessa forma, diferenças nos processos digestivos parecem não ser relacionadas com variações observadas no consumo residual, ficando aberta a possibilidade de que processos metabólicos, como disponibilidade e eficiência de utilização de substratos, possam prover mecanismos associados à eficiência alimentar (Herd et al., 2004). Diferenças no consumo residual podem ser função de processos metabólicos que vão além da captura de nutrientes ao longo do trato gastrointestinal dos animais (Hughes & Pitchford, 2004).

Tabela 8 - Coeficientes de digestibilidade aparente total dos nutrientes de bovinos Nelore de três classes sexuais, classificados como apresentando alto ou baixo consumo residual

| Item | Consumo residual | | Desvio-padrão | Valor P |
|---|-----------------------------|------------------------------|---------------|---------|
| | Alto ¹ N = 12 | Baixo ² n = 12 | | |
| Coeficientes de digestibilidade aparente total, % | | | | |
| MS | 55,03 | 55,69 | 2,71 | 0,556 |
| MO | 60,80 | 61,04 | 2,74 | 0,834 |
| PB | 67,12 | 68,09 | 2,38 | 0,329 |
| EE | 87,22 | 87,39 | 5,03 | 0,935 |
| FDN | 43,51 | 44,14 | 3,67 | 0,676 |
| CNF | 84,98 | 83,89 | 4,84 | 0,586 |

¹ Consumo residual maior que a média geral + 0,5 x desvio-padrão.

² Consumo residual menor que a média geral + 0,5 x desvio-padrão.

Médias na linha seguidas por letras diferentes diferem entre si (P<0,05) pelo teste Tukey.

Não foi detectada diferença significativa ($P>0,05$) para as excreções de alantoína e ácido úrico na urina entre as diferentes classes sexuais (Tabela 9) ou entre os grupos de animais com alto ou baixo consumo residual ($P>0,05$) (Tabela 10). Conseqüentemente, as excreções urinárias de purinas totais e as quantidades de purinas absorvidas também não diferiram ($P>0,05$). A produção de proteína microbiana também não foi significativamente diferente ($P>0,05$) entre as classes sexuais (média de 364,95 g/dia) ou entre os dois grupos de consumo residual (média de 352,79 g/dia). Esses valores podem ser considerados condizentes com as condições do presente experimento, uma vez que representaram, em média, respectivamente, 72,92 e 70,52% das exigências totais de proteína metabolizável dos animais. As exigências de proteína metabolizável foram calculadas a partir do protocolo sugerido pelo NRC (2000), com algumas adaptações para condições brasileiras, conforme apresentado por Valadares Filho et al. (2003).

Segundo Spicer et al. (1986), a proteína bruta microbiana pode suprir de 50 a 100% dos requerimentos de proteína metabolizável de bovinos de corte, dependendo do conteúdo de proteína não-degradável no rúmen, o que corrobora os achados de Wilkerson et al. (1993), em que a proteína microbiana forneceu mais que a metade das necessidades diárias de proteína metabolizável de bovinos de corte em crescimento. Bach et al. (2005) afirmaram que a síntese de proteína microbiana no rúmen fornece a maioria da proteína intestinal disponível para absorção em ruminantes, com valores variando de 50 a 80% do total da proteína absorvível.

Não observaram-se diferenças significativas ($P>0,05$) em termos de eficiência de síntese de proteína microbiana no rúmen entre as classes sexuais (média de 94,73 g de PB microbiana/kg NDT consumido) ou entre os grupos de consumo residual (média de 89,98 g de PB microbiana/kg NDT consumido). Esses valores são bem inferiores ao fator fixo de 130 g PB microbiana/kg de NDT, empregado pelo NRC (2000). No entanto, essa sugestão do NRC (2000), como o próprio conselho americano admite, trata-se de uma generalização e nem sempre reflete as variáveis nutricionais observadas em todas as situações. Os valores médios de eficiência de síntese microbiana obtidos nesse trabalho podem ser considerados normais, uma vez que, segundo o NRC(2000), em dietas com níveis de consumo mais baixos (1,9 a 2,1% do PV) e com valores de NDT variando de 50 a 60%, a eficiência de síntese de proteína microbiana encontrar-se-ia na ordem de 80 g PB/Kg de NDT. O consumo

de matéria seca médio, considerando todos os animais do presente trabalho, foi de 2,27% do PV e o teor de NDT da dieta total, de 56,89%, indicando que eficiências de síntese microbiana obtidas nesta pesquisa são factíveis.

Tabela 9 - Excreções urinárias de alantoína (ALA), ácido úrico (AcU) e purinas totais (PUR), purinas microbianas absorvidas (PABS), proteína bruta microbiana (PB mic.), eficiência microbiana (g PB mic./kg NDT), concentração de N-uréia sérica e excreções diárias de uréia (EU) de bovinos Nelore de diferentes classes sexuais

| Item | Classe sexual | | | Desvio-padrão | Valor P |
|--------------------------|-------------------------|--------------------------|-----------------|---------------|---------|
| | Macho inteiro n = 16 | Macho castrado n = 15 | Fêmea n = 16 | | |
| ALA, mmol/dia | 94,31 | 84,08 | 88,75 | 13,90 | 0,154 |
| AcU, mmol/dia | 5,37 | 6,50 | 4,71 | 3,23 | 0,387 |
| PUR, mmol/dia | 99,32 | 92,41 | 93,45 | 15,14 | 0,454 |
| PABS, mmol/dia | 83,90 | 77,19 | 79,85 | 17,43 | 0,615 |
| PB mic., g/dia | 381,25 | 350,74 | 362,86 | 79,18 | 0,615 |
| g PB mic./kg NDT | 96,59 | 93,02 | 102,18 | 18,22 | 0,454 |
| N-uréia sérica, mg/dL | 16,33 | 16,31 | 16,85 | 2,40 | 0,785 |
| EU, mg/kg PV | 302,85 a | 288,46 a | 368,35 b | 53,66 | 0,001 |
| EU, g/dia | 91,95 ab | 83,15 b | 99,23 a | 16,26 | 0,047 |

Médias na linha seguidas por letras diferentes diferem entre si ($P < 0,05$) pelo teste Tukey.

A ausência de efeito de classe sexual sobre a síntese diária de proteína microbiana, bem como sua eficiência, pode ser devida ao fato de que os animais tinham acesso à mesma dieta. De fato, o consumo de energia (Tabela 5), quando ajustado para o peso dos animais, foi semelhante entre os machos inteiros, os machos castrados e as fêmeas, fazendo com que a síntese de proteína microbiana, dependente do consumo de energia, fosse a mesma (Tabela 9). Embora trabalhos recentes venham sugerindo que a eficiência de síntese microbiana seja mensurada não somente a partir da disponibilidade de energia no rúmen, mas também a partir da disponibilidade de nitrogênio (Bach et al., 2005), assumiu-se que o nitrogênio disponível nas condições do experimento não afetou distintivamente a síntese microbiana entre as classes sexuais, uma vez que a dieta utilizada foi única. Desta forma, as eficiências expressas em função do NDT consumido seriam suficientes para detectar alguma provável variação devido exclusivamente ao fator classe sexual.

Tanto a síntese como a eficiência microbiana não foram significativamente diferentes entre os animais com alto ou baixo consumo residual (Tabela 10), embora os animais com alto consumo residual tenham consumido 12,3; 11,2 e 10,84% mais energia que os animais com baixo consumo residual, respectivamente, em termos de kg NDT/dia, kg NDT em função do PV ou kcal de ED/kg PV^{0,75}. Ou seja, mesmo com menor aporte energético, a quantidade de proteína microbiana sintetizada e, em seguida, disponível para absorção no intestino delgado de animais mais eficientes foi a mesma que a de animais menos eficientes. Richardson et al. (2004) também não detectaram diferença significativa na produção de proteína microbiana entre animais com alto ou baixo consumo residual, indicando que evidências para uma associação entre essa medida e variações individuais no consumo residual permanecem inconclusivas. Uma possível explicação para essa observação envolve diferenças no ambiente ruminal entre os animais mais e menos eficientes. Trabalhos recentes têm demonstrado que animais com baixo consumo residual apresentam menor produção de metano que animais com alto consumo residual, com variações de -5 (Okine et al., 2003) a -28% (Nkrumah et al., 2006). A produção de metano no rúmen pode representar perdas energéticas ao redor de 6,68 a 11,45%, sendo a magnitude dependente de vários fatores, destacando-se o tipo de dieta fornecida e a consequente relação estequiométrica dos ácidos graxos voláteis produzidos (Whitelaw et al., 1984). Dessa forma, mesmo tendo consumido mais energia, os animais com alto consumo residual podem ter experimentado maior perda energética, graças à produção de metano no rúmen, fazendo com que menos energia fosse disponibilizada para a produção de proteína microbiana. Nkrumah et al. (2006) sugerem que aspectos relacionados à metabolizabilidade da dieta e variações individuais podem ser apontados como os principais mecanismos ligados a essa diferença na produção de metano entre animais mais e menos eficientes.

As concentrações de N-uréia no soro entre as classes sexuais e entre os grupos de consumo residual não diferiram entre si ($P > 0,05$), apresentando valores médios de 16,50 e 16,56 mg/gL, respectivamente. Esses valores estão dentro da faixa de N-uréia no sangue comumente encontrada na literatura (Magalhães et al., 2005).

Tabela 10 - Excreções urinárias de alantoína (ALA), ácido úrico (AcU) e purinas totais (PUR), purinas microbianas absorvidas (PABS), proteína bruta microbiana (PB mic.), eficiência microbiana (g PB mic./kg NDT), concentração de N-uréia sérica e excreções diárias de uréia (EU) em bovinos Nelore de três classes sexuais, classificados como apresentando alto ou baixo consumo residual

| Item | Consumo residual | | Desvio-padrão | Valor P |
|--------------------------|-----------------------------|------------------------------|---------------|---------|
| | Alto ¹ n = 12 | Baixo ² n = 12 | | |
| ALA, mmol/dia | 90,50 | 83,46 | 14,90 | 0,281 |
| AcU, mmol/dia | 5,29 | 5,63 | 3,45 | 0,832 |
| PUR, mmol/dia | 96,65 | 89,45 | 15,74 | 0,333 |
| PABS, mmol/dia | 81,52 | 73,75 | 18,10 | 0,363 |
| PB mic., g/dia | 370,44 | 335,13 | 82,25 | 0,363 |
| g PB mic./kg NDT | 94,46 | 95,30 | 18,59 | 0,923 |
| N-uréia sérica, mg/dL | 16,67 | 16,45 | 2,76 | 0,848 |
| EU, mg/kg PV | 318,02 | 300,81 | 62,54 | 0,526 |
| EU, g/dia | 93,01 | 86,94 | 17,45 | 0,424 |

¹ Consumo residual maior que a média geral + 0,5 x desvio-padrão.

² Consumo residual menor que a média geral + 0,5 x desvio-padrão.

Médias na linha seguidas por letras diferentes diferem entre si (P<0,05) pelo teste de Tukey.

Conclusões

A classe sexual constitui-se fator determinante do desempenho e das características de carcaça de bovinos Nelore, sem, contudo, afetar a eficiência alimentar e a digestibilidade dos nutrientes.

Animais com baixo consumo residual são mais eficientes que animais com alto consumo residual, porém não apresentam modificações nas suas características de carcaça, evidenciando que uma possível seleção de bovinos Nelore quanto à eficiência alimentar não resultaria em impactos negativos na qualidade das carcaças produzidas.

A digestibilidade e a síntese de proteína microbiana não representam processos envolvidos na variação quanto ao consumo residual.

Literatura Citada

- ALMEIDA, R. **Consumo e eficiência alimentar de bovinos em crescimento**. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2005. 182p. Tese (Doutorado em Ciência Animal e Pastagens) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2005.
- ALMEIDA, R.; LANNA, D.P.; LEME, P.R. Consumo alimentar residual: um novo parâmetro para avaliar a eficiência alimentar de bovinos de corte. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 41., 2004, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2004. (CD-ROM)
- ARCHER, J.A.; ARTHUR, P.F.; HERD, R.M. et al. Genetic variation in feed efficiency of beef cattle. In: ANNUAL MEETING OF THE AMERICAN SOCIETY OF ANIMAL SCIENCE, 2004, Saint Louis. **Proceedings...** Saint Louis: American Society of Animal Science, 2004. p.50.
- ARCHER, J.A.; ARTHUR, P.F.; HERD, R.M. et al. Optimum post-weaning test for measurement of growth rate, feed intake and feed efficiency in British breed cattle. **Journal of Animal Science**, v.75, p.2024-2032, 1997.
- ARTHUR, P.F.; ARCHER, J.A.; REVERTER, A. et al. Genetic correlations between postweaning feed efficiency and cow traits. In: ANNUAL MEETING OF THE AMERICAN SOCIETY OF ANIMAL SCIENCE, 2004, Saint Louis: **Proceedings...** Saint Louis: American Society of Animal Science, 2004. p.449.
- ARTHUR, P.F.; RENAND, G.; KRAUSS, D. Genetic and phenotypic relationships among different measures of growth and feed efficiency in young Charolais bulls. **Livestock Production Science**, v.68, p.131-139, 2001.
- BACH, A.; CALSAMIGLIA, S.; STERN, M.D. Nitrogen metabolism in the rumen. **Journal of Dairy Science**, v.88, n.1, p.E9-E21, 2005.
- BAKER, S.D.; SZASZ, J.I.; KLEIN, T.A. et al. Residual feed intake of purebred Angus steers: effects on meat quality and palatability. **Journal of Animal Science**, v.84, n.4, p.938-945, 2006.
- BAILEY, C.R.; DUFF, G.C. Protein requirements for finishing beef cattle. In: SOUTHWEST NUTRITION CONFERENCE, 2005, Tucson. **Proceedings...** Tucson: The University of Arizona, 2005. p.78-85.
- BALDWIN, R.L. **Modeling ruminant digestion and metabolism**. London: Chapman and Hall, 1995. 592p.
- BARBOSA, A.M. **Período de coleta de urina e de fezes para avaliação da excreção de creatinina, produção microbiana e digestibilidade aparente dos nutrientes em Nelore**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2005. 63p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, 2005.
- BASARAB, J.A.; OKINE, E.K.; MOORE, S.S. Residual feed intake: animal performance, carcass quality and body composition. In: FLORIDA RUMINANT NUTRITION SYMPOSIUM, 15., 2004, Gainesville: **Proceedings...** Gainesville: University of Florida, 2004. p.40-51.

- BASARAB, J.A.; PRICE, M.A.; AALHUS, J.L. et al. Residual feed intake and body composition in young growing cattle. **Canadian Journal of Animal Science**, v.83, p.189-204, 2003.
- BELK, K.E.; TATUM, J.D.; WILLIAMS JR., F.L. Deposition and distribution of carcass fat for steers differing in frame size and muscle thickness. **Journal of Animal Science**, v.69, n.2, p.609-616, 1991.
- BERG, R.T.; BUTTERFIELD, R.M. **New concepts of cattle growth**. 1.ed. Sydney: Sydney University Press, 1976. 240p.
- CARSTENS, G.E.; KERLEY, M.S. Residual feed intake: an alternative measure of feed efficiency for beef cattle. In: ANNUAL MEETING OF THE AMERICAN SOCIETY OF ANIMAL SCIENCE, 2004, Saint Louis. **Proceedings...** Saint Louis: American Society of Animal Science, 2004. p.409.
- CARSTENS, G.E.; THEIS, C.M.; WHITE, M.B. et al. Relationships between net feed intake and ultrasound measures of carcass composition in growing beef steers. **Beef cattle research in Texas, Bulletin 2**, p.31-34, 2002.
- CASTRO, F.C.; PAULINO, P.V.R.; SANCHES, A.C. et al. Growth performance, carcass quality and residual feed intake in beef cattle highly selected or non-selected for growth. **Journal of Animal Science**, 2006 (submetido para publicação).
- CATON, J.S.; BAUER, M.L.; HIDDARI, H. Metabolic components of energy expenditure in growing beef cattle – review. **Asian-Australasian Journal of Animal Science**, v.13, n.5, p.702-710, 2000.
- CHEN, X.B.; GOMES, M.J. **Estimation of microbial protein supply to sheep and cattle based on urinary excretion of purine derivatives - an overview of technical details**. Aberdeen: Rowett Research Institute/ International Feed Research Unit, 1992. 21p. (Occasional Publication)
- CHIZZOTTI, M.L.; VALADARES FILHO, S.C.; LEÃO, M.I. et al. Casca de algodão em substituição parcial à silagem de capim-elefante para novilhos. 1. Consumo, degradabilidade e digestibilidade total e parcial. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.6, p.2093-2102, 2005.
- COCHRAN, R.C.; ADAMS, D.C.; WALLACE, J.D. et al. Predicting digestibility of different diets with internal markers: evaluation of four potential markers. **Journal of Animal Science**, v.63, n.5, p.1476-1483, 1986.
- CHOAT, W.T.; PATERSON, J.A.; SMITH, G.C. et al. The effects of cattle gender on feedlot performance, carcass characteristics and muscle tenderness. In: ANNUAL MEETING OF THE AMERICAN SOCIETY OF ANIMAL SCIENCE – MIDWESTERN BRANCH, 2003, Des Moines: **Proceedings...** Des Moines: American Society of Animal Science, 2003. p.56.
- CREWS JR., D.H. Genetic evaluation of efficient feed utilization in beef cattle. In: ANNUAL MEETING OF THE AMERICAN SOCIETY OF ANIMAL SCIENCE, 2004, Saint Louis. **Proceedings...** Saint Louis: American Society of Animal Science, 2004. p.119-120.
- CREWS JR., D.H.; SHANNON, N.H.; CREWS, R.E. et al. Weaning, yearling and preharvest ultrasound measures of fat and muscle are in steers, bulls, and heifers. **Journal of Animal Science**, v.80, n.11, p.2817-2824, 2002.

- GIBB, D.J.; McALLISTER, T.A. The impact of feed intake and feeding behaviour of cattle on feedlot and feedbunk management. In: WESTERN NUTRITION CONFERENCE, 20., 1999, Calgary. **Proceedings...** Calgary: University of Alberta, 1999. p.101-116.
- GOLDEN, J.W.; KERLEY, M.S. Relationship of feeding behavior to feed efficiency in crossbred Angus steers. In: ANNUAL MEETING OF THE AMERICAN SOCIETY OF ANIMAL SCIENCE, 2004, Saint Louis. **Proceedings...** Saint Louis: American Society of Animal Science, 2004. p.410.
- GONTIJO NETO, M.M.; EUCLIDES, V.P.B.; NASCIMENTO JR., D. et al. Consumo e tempo diário de pastejo por novilhos Nelore em pastagem de capim-tanzânia sob diferentes ofertas de forragem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.1, p.60-66, 2006.
- HALL, M.B. **Calculation of non-structural carbohydrate content of feeds that contain non-protein nitrogen.** Gainesville: University of Florida, 2000. p.A-25 (Bulletin, 339).
- HERD, R.M.; ODDY, V.H.; RICHARDSON, E.C. Biological basis for variation in residual feed intake in beef cattle. 1. Review of potential mechanisms. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v.44, p.423-430, 2004.
- HERD, R.M.; DICKER, R.W.; LEE, G.J. et al. Steer growth and feed efficiency on pasture are favourably associated with genetic variation in sire net feed intake. **Animal Production in Australia**, v.25, p.93-96, 2003.
- HUGHES, T.E.; PITCHFORD, W.S. Direct response to selection for post-weaning net feed intake in mice and correlated responses in post-weaning growth, intake, gross digestibility and body composition. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v.44, p.489-500, 2004.
- JOHNSON, D.E.; FERRELL, C.L.; JENKINS, T.G. The history of energetic efficiency research: where have we been and where are we going? **Journal of Animal Science**, v.81, n.13, p.27-38, 2003 (suppl. 1).
- JUNQUEIRA, J.O.B.; VELLOSO, L.; FELÍCIO, P.E. Desempenho, rendimentos de carcaça e cortes de animais, machos e fêmeas, mestiços Marchigiana x Nelore, terminados em confinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.27, n.6, p.1199-1205, 1998.
- KIRKLAND, R.M.; STEEN, R.W.J.; PATTERSON, D.C. et al. Effects of slaughter weight on production traits in Holstein-Friesian bulls. In: ANNUAL MEETING OF THE BRITISH SOCIETY OF ANIMAL SCIENCE, 2005, York. **Proceedings...** York: British Society of Animal Science, 2005. p.1-2.
- KNOTT, S.A.; DUNSHEA, F.R.; CUMMINS, L.J. et al. Body composition influences net feed intake in terminal sire rams. **Animal Production in Australia**, v.25, p.274, 2003.
- KOLATH, W.H.; KERLEY, M.S.; GOLDEN, J.W. et al. The relationship between mitochondrial function and residual feed intake in Angus steers. **Journal of Animal Science**, v.84, n.4, p.861-865, 2006.

- LANNA, D.P.; ALMEIDA, R. Exigências nutricionais e melhoramento genético para eficiência alimentar: experiências e lições para um projeto nacional. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 41., 2004, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2004a. p.248-259.
- LANNA, D.P.; ALMEIDA, R. Residual feed intake: um novo critério de seleção? In: SIMPÓSIO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE MELHORAMENTO ANIMAL, 5., 2004, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande: Sociedade Brasileira de Melhoramento Animal, 2004b. p.1-12.
- LANNA, D.P.D.; CALEGARE, L.; ALMEIDA, R. et al. Conversão alimentar – eficiência econômica de vacas de corte de raças puras e cruzadas. In: SIMPÓSIO DE PECUÁRIA DE CORTE, 3., 2003, Lavras. **Anais...** Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2003. p.87-110.
- LICITRA, G.; HERNANDEZ, T.M.; Van SOEST, P.J. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. **Animal Feed Science and Technology**, v.57, p.347-358, 1996.
- LIU, M.F.; M. MAKARECHIAN. Optimum test period and associations between standard 140-day test period and shorter test periods for growth rate in station tested beef bulls. **Journal of Animal Breeding and Genetics**, v.110, p.312-317, 1993.
- MAGALHÃES, K.A.; VALADARES FILHO, S.C.; VALADARES, R.F.D. et al. Produção de proteína microbiana, concentração plasmática de uréia e excreções de uréia em novilhos alimentados com diferentes níveis de uréia ou casca de algodão. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.4, p.1400-1407, 2005.
- McDONAGH, M.B.; HERD, R.M.; RICHARDSON, E.C. et al. Meat quality and the calpain system of feedlot steers following a single generation of divergent selection for residual feed intake. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v.41, p.1013-1021, 2001.
- MERTENS, D.R. Regulation of forage intake. In: FAHEY JR, G.C. et al. (Eds). **Forage quality evaluation and utilization**. Nebraska: American Society of Agronomy, Crop Science of America, Soil Science of America, 1994. 988p.
- MINITAB. Minitab Reference Manual, Release 10 for Windows. Minitab Statistical Software. Minitab Inc., State College, PA. 1994.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of beef cattle**. 7.rev.ed. Washington, D.C.: National Academic Press, 2000. 242p.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of dairy cattle**. 7.ed. Washington, D.C.: National Academic Press, 2001. 381p.
- NIELSEN, M.K. Genetic variation in feed utilization: selection responses in mice. In: ANNUAL MEETING OF THE AMERICAN SOCIETY OF ANIMAL SCIENCE, 2004, Saint Louis. **Proceedings...** Saint Louis: American Society of Animal Science, 2004. p.119.

- NKRUMAH, J.D.; AMMOURA, A.; GUERCIO, S. et al. Optimum test duration for the measurement of postweaning daily feed intake, growth rate and feed efficiency in beef cattle. **Proceedings of the Association for the Advancement in Animal Breeding and Genetics**, v.14, p.28-32, 2001.
- NKRUMAH, J.D.; BASARAB, J.A.; PRICE, M.A. et al. Different measures of energetic efficiency and their phenotypic relationships with growth, feed intake, and ultrasound and carcass merit in hybrid cattle. **Journal of Animal Science**, v.82, n.8, p.2451-2459, 2004.
- NKRUMAH, J.D.; OKINE, E.K.; MATHISON, G.W. et al. Relationships of feedlot efficiency, performance, and feeding behavior with metabolic rate, methane production, and energy partitioning in beef cattle. **Journal of Animal Science**, v.84, n.1, p.145-153, 2006.
- OKINE, E.K.; BASARAB, J.A.; GOONEWARDENE, L.A. et al. Residual feed intake: what is it and how does it differ from traditional concepts of feed efficiency? In: CANADIAN SOCIETY OF ANIMAL SCIENCE ANNUAL MEETING, 2003, Saskatoon. **Proceedings...** Saskatoon: Canadian Society of Animal Science, 2003. p.1-15.
- PAULINO, P.V.R.; VALADARES FILHO, S.C.; MAGALHÃES, K.A. et al. Desempenho, eficiência alimentar e características de carcaça de bovinos Nelore de diferentes classes sexuais, alimentados com dois níveis de concentrado na dieta. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 42., 2005, Goiânia. **Anais...** Goiânia: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2005. (CD-ROM)
- PEREIRA, D.H.; PEREIRA, O.G.; VALADARES FILHO, S.C. et al. Consumo, digestibilidade dos nutrientes e desempenho de bovinos de corte recebendo silagem de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) e diferentes proporções de concentrado. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.1, p.282-291, 2006.
- PURCHAS, R.W., GRANT, D.A. Liveweight gain and carcass characteristics of bulls and steers farmed on hill country. **New Zealand Journal of Agricultural Research**, v.38, p.131-142, 1995.
- PYATT, N.A.; BERGER, L.L.; FAULKNER, D.B. et al. Factors affecting carcass value and profitability in early-weaned Simmental steers: I. Five-year average pricing. **Journal of Animal Science**, v.83, n.12, p.2918-2925, 2005.
- RAINEY, B.M.; PATERSON, J.A.; KING, M.C. et al. Effect of age, gender and grain processing method on rate and efficiency of gain and diet digestibility by beef cattle. **Beef: Questions and Answers**, v.8, n.5., p.8-9, 2003.
- RIBEIRO, M.D.; PEREIRA, J.C.; VIEIRA, R.A.M. et al. Consumo e desempenho de novilhas em pastagem recebendo suplementos com diferentes níveis de proteína não-degradável no rúmen. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.6, p.2486-2495, 2005 (supl.).
- RICHARDSON, E.C.; HERD, R.M. Biological basis for variation in residual feed intake in beef cattle. 2. Synthesis of results following divergent selection. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v.44, p.431-440, 2004a.

- RICHARDSON, E.C.; HERD, R.M.; ARCHER, J.A. et al. Metabolic differences in Angus steers divergently selected for residual feed intake. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v.44, p.441-452, 2004b.
- STATISTICAL ANALYSES SYSTEM - SAS. **SAS/STAT® user's guide** (Version 6, 4.ed.). Cary: 1989.
- SCHOONMAKER, J.P.; LOERCH, S.C.; FLUHARTY, F.L. et al. Effect of age at feedlot entry on performance and carcass characteristics of bulls and steers. **Journal of Animal Science**, v.80, n.9, p.2247-2254, 2002.
- SEIDEMAN, S.C.; CROSS, H.R.; OLTJEN, R.R. et al. Utilization of the intact male for red meat production: a review. **Journal of Animal Science**, v.55, n.2, p.826-848, 1982.
- SILVA, B.C.; PEREIRA, O.G.; PEREIRA, D.H. et al. Consumo e digestibilidade aparente total dos nutrientes e ganho de peso de bovinos de corte alimentados com silagem de *Brachiaria brizantha* e concentrado em diferentes proporções. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.3, p.1060-1069, 2005.
- SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos** (Métodos químicos e biológicos). 3.ed. Viçosa: Editora UFV, 2002. 235p.
- SPICER, L.A.; THEURER, C.B.; SORNE, J. et al. Ruminant and post-ruminant utilization of nitrogen and starch from sorghum grain-, corn-, and barley-based diets by beef steers. **Journal of Animal Science**, v.52, p.521-530, 1986.
- SZASZ, J.I.; HUNT, C.W.; BAKER, S.D. et al. Correlations among ultrasound carcass estimates, growth performance measures, and residual feed intake in Angus steers. In: ANNUAL MEETING OF THE AMERICAN SOCIETY OF ANIMAL SCIENCE, 2004, Saint Louis: **Proceedings...** Saint Louis: American Society of Animal Science, 2004. p.409-410.
- VALADARES FILHO, S.C.; PAULINO, P.V.R.; MAGALHÃES, K.A. Exigências nutricionais de bovinos de corte. In: SIMPÓSIO DE PECUÁRIA DE CORTE – “REALIDADE E DESAFIOS”, 3., 2003, Lavras. **Anais...** Universidade Federal de Lavras, 2003. p.43-71.
- VALADARES, R. F. D.; BRODERICK, S. C.; VALADARES FILHO, S. C. et al. Effect of replacing alfalfa silage with high moisture corn on ruminal protein synthesis estimated from excretion of total purine derivatives. **Journal of Dairy Science**, v.82, n.12, p.2686-2696, 1999.
- VALADARES, R.F.D.; GONÇALVES, L.C.; RODRIGUEZ, N.M. et al. Níveis de proteína em dietas de bovinos. 4. Concentrações de amônia ruminal e uréia plasmática e excreções de uréia e creatinina. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.26, n.6, p.1270-1278, 1997.
- Van SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2.ed. Ithaca: Cornell University Press, 1994. 476p.
- Van SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B. Systems of analysis for evaluating fibrous feeds. In: PIGDEN, W.J.; BALCH, C.C.; GRAHAM, M. (Eds.) **Standardization of analytical methodology for feeds**. 1.ed. Ottawa: International Development Research Centre, 1980. p.49.

- Van SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B.; LEWIS, B.A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Animal Science**, v.74, n.10, p.3583-3597, 1991.
- VÉRAS, A.S.C.; VALADARES FILHO, S.C.; SILVA, J.F.C. et al. Consumo e digestibilidade aparente em bovinos Nelore, não-castrados, alimentados com rações contendo diferentes níveis de concentrado. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.6, p.2367-2378, 2000 (supl. 2).
- VERBIC, J.; CHEN, X.B.; MACLEOD, N.A. et al. Excretion of purine derivatives by ruminants. Effect of microbial nucleic acid infusion on purine derivative excretion by steers. **Journal of Agricultural Science**, v.114, n.3, p.243-248, 1990.
- WEBSTER, A.J.F.; SMITH, J.S.; MOLLISON, B.S. Energy requirements of growing cattle: effects of sire breed, plane of nutrition, sex, and season on predicted basal metabolism. In: SYMPOSIUM ON ENERGY METABOLISM OF FARM ANIMALS, 9., 1982, Aas. **Proceedings...** Aas: Agricultural University of Norway, 1982. p.84-87.
- WHITE, M.B.; CARSTENS, G.E.; THEIS, C.M. et al. Variation in energy expenditures between growing steers with divergent residual feed intakes. In: ANNUAL MEETING OF THE AMERICAN SOCIETY OF ANIMAL SCIENCE, 2004, Saint Louis. **Proceedings...** Saint Louis: American Society of Animal Science, 2004. p.410.
- WHITELAW, F.G.; EADIE, J.M.; BRUCE, L.A. et al. Methane formation in faunated and ciliate-free cattle and its relationship with rumen volatile fatty acid proportions. **British Journal of Nutrition**, v.52, p.261-275, 1984.
- WILKERSON, V.A.; KLOPFENSTEIN, T.J.; BRITTON, R.A. et al. Metabolizable protein and amino acid requirements of growing cattle. . **Journal of Animal Science**, v.71, p.2777-2784, 1993.
- WILLIAMS, C.B.; JENKINS, T.G. A dynamic model of metabolizable energy utilization in growing and mature cattle. III. Model evaluation. **Journal of Animal Science**, v.81, p.1390-1398, 2003.

Parâmetros nutricionais e produtivos de bovinos Nelore de diferentes classes sexuais, alimentados com dietas contendo dois níveis de oferta de concentrado

Resumo - Objetivou-se avaliar os efeitos da classe sexual e nível de oferta de concentrado sobre o desempenho, o consumo, a digestibilidade e a composição corporal e da carcaça de bovinos Nelore. Foram utilizados 35 animais, sendo 12 machos inteiros, 11 machos castrados e 12 fêmeas, provenientes de um mesmo grupo contemporâneo. Os animais foram alimentados individualmente durante 112 dias, sendo abatidos ao final do experimento, com um grupo referência abatido ao início. Os machos inteiros foram mais eficientes, apresentaram maior peso final, de corpo vazio e de carcaça, como resultado da maior taxa de crescimento em relação às fêmeas ($P < 0,05$), ficando os machos castrados em posição intermediária. Os consumos relativos de MS e de todos os demais nutrientes foram superiores nas fêmeas ($P < 0,05$) em relação aos machos inteiros, com os castrados apresentando valores intermediários. As digestibilidades, com exceção da do EE (DEE), não foram afetadas ($P > 0,05$) pela classe sexual. As digestibilidades da MS e da MO foram superiores ($P < 0,05$) para a dieta em que o nível de oferta de concentrado foi de 1,2% do PV, sendo que para os demais nutrientes não houve efeito do nível de oferta de concentrado ($P > 0,05$). As carcaças dos machos inteiros foram mais pesadas e magras ($P < 0,05$) que as carcaças das fêmeas, com os machos castrados ficando em posição intermediária. As fêmeas apresentaram carcaças com maior teor de gordura, devido ao depósito subcutâneo ter sido mais pronunciado em relação aos machos ($P < 0,05$). Além disso, a participação da gordura visceral e subcutânea nas fêmeas, em relação ao peso de corpo vazio total, foi superior ($P < 0,05$), apesar das taxas de deposição dos diferentes depósitos de gordura não terem sido influenciados ($P > 0,05$) pela classe sexual. O nível de oferta de concentrado praticamente não afetou as características da carcaça, a composição corporal e da carcaça dos animais. Os teores de proteína e extrato etéreo no peso do corpo vazio dos machos inteiros foram, respectivamente, superior e inferior, em comparação com as fêmeas, com os machos castrados obtendo valores intermediários. A composição do ganho de carcaça e de peso de corpo vazio foi diferente entre as classes sexuais, uma vez que as taxas de acréscimo de

músculo na carcaça e de proteína no corpo vazio apresentaram comportamento distinto, com os machos inteiros apresentando deposições mais pronunciadas ($P < 0,05$) que as fêmeas e os machos castrados. O ganho de peso do corpo vazio dos machos inteiros foi composto por mais proteína e menos extrato etéreo que das fêmeas e dos machos castrados. Os rendimentos dos cortes comerciais da carcaça não foram influenciados pelo nível de oferta de concentrado ($P > 0,05$), mas sim pela classe sexual. Fêmeas e machos castrados apresentaram maior rendimento de traseiro especial ($P < 0,05$), uma vez que o dianteiro dos machos inteiros foi mais avantajado. Conclui-se que classe sexual exerce influência sobre o desempenho, o consumo e o padrão de deposição dos constituintes da carcaça e do corpo vazio de animais Nelore.

Palavras-chave: bovinos de corte, desempenho, digestibilidade, características de carcaça, composição corporal

Nutritional and growth patterns of Nellore bulls, steers and heifers, fed diets containing two concentrate allowance levels.

Abstract - The objective of this work was to assess the effects of sexual class and level of concentrate allowance on the performance, intake, digestibility and body and carcass composition of Nellore cattle. Thirty five animals were used, respectively 12 bulls, 11 steers and 12 heifers, all of them coming from a same contemporary group. The animals were individually fed during 112 days, being slaughtered at the end of the trial. At the beginning a reference group was slaughtered as well. The bulls were more efficient and had heavier live body weight (BW), empty body weight (EBW) and carcass weight, as a result of their increased rate of growth in comparison with the heifers ($P < 0.05$), with the steers presenting intermediate values. The relative intakes (% BW) of DM and of all of the other nutrients were superior in the heifers ($P < 0.05$) when compared with the bulls, whereas the steers had intermediate values. The digestibilities of all the nutrients, except EE, were not affected by sexual class ($P > 0.05$). DM and OM digestibilities were greater ($P < 0.05$) for the diet in which the concentrate allowance was 1.2% of the BW, while for the other nutrients there was no effect of concentrate allowance ($P > 0.05$). The bull's carcasses were heavier and leaner ($P < 0.05$) than the heifer's carcasses, with steer carcasses obtaining intermediate values. Heifers produced carcasses with higher fat content, due to the fact that the subcutaneous depot of fat was more pronounced in relation to the males ($P < 0.05$). Beyond that, the percentage of visceral and subcutaneous fat in the empty body weight was greater for the heifers ($P < 0.05$), although the rates of fat deposition in the different body depots were not influenced by sexual class ($P > 0.05$). The level of concentrate allowance did not affect the carcass traits and the body and carcass composition of the animals. The protein and ether extract contents of the empty body weight of the bulls were, respectively, greater and smaller, than that of the heifers, with the steers presenting intermediate values. The composition of the carcass gain and of the empty body gain was different between the sexual classes, as the rates of muscle accretion in the carcass and of protein in the EBW had distinct pattern, with bulls presenting more pronounced depositions ($P < 0.05$) than the heifers and the steers. The EBW gain of the bulls was composed of more protein and less ether extract than that of the heifers and steers. The yield of the

commercial cuts of the carcass was not affected by the level of concentrate allowance ($P>0.05$), but by sexual class. Heifers and steers had higher yield of hind quarter ($P<0.05$), as the fore quarter of the bulls were more developed. Sexual class exerts influence on the performance, intake and deposition pattern of the carcass and EBW constituents of Nellore cattle.

Key Words: beef cattle; performance, digestibility, carcass traits, body composition

Introdução

A pecuária de corte brasileira passa por momento de crise, com queda no preço real da arroba (12%) e aumento nos custos operacionais totais da atividade (6,4%), levando os pecuaristas à descapitalização e perda de renda, com conseqüente sucateamento das unidades produtivas (Anuário DBO, 2006).

Entretanto, em qualquer empreendimento agropecuário que tem como principal fonte de renda algum tipo de *commodity* agrícola, eventos cíclicos ao longo do tempo são uma realidade e fazem parte do processo produtivo. Certamente, os negócios envolvendo o boi gordo não estão imunes a essas inconstantes nuances do mercado. Quando se analisa a história da pecuária de corte brasileira, percebe-se que, durante sua evolução, diversos momentos de dificuldade ocorreram (Polaquini et al., 2006), ocasionados por uma combinação de circunstâncias, na maioria das vezes, fora do alcance dos pecuaristas, técnicos e pesquisadores envolvidos com a atividade. Nesse sentido, o cenário em que a pecuária de corte se encontra atualmente, com margens de lucratividade mais estreitas e com pressões em termos de exigências de se produzir uma carne de boa qualidade, com custos reduzidos, em menor tempo, e atendendo a quesitos de ordem social, ambiental e de segurança alimentar, é de transformação profunda. A alocação dos recursos destinados à produção e a organização do capital produtivo passam a ter como foco a maximização dos resultados econômicos da atividade (Polaquini et al., 2006).

A manipulação da dieta e o uso de animais de diferentes condições sexuais, representa uma ferramenta disponível ao pecuarista, de forma a obter uma associação que lhe traga maior eficiência produtiva e econômica, dentro de sua realidade de produção. São recursos cuja manipulação e controle estão ao alcance do manejador do sistema de produção, sendo a magnitude dos seus impactos sobre esse sistema dependente do mercado e do nível tecnológico empregado na exploração pecuária.

A dieta em si pode afetar o consumo e as digestibilidades dos nutrientes e, como consequência imediata, o desempenho dos animais, bem como a composição corporal e da carcaça (Fortin et al., 1980). O uso de concentrados na dieta de bovinos de corte, seja em confinamento, ou a pasto, tem sido empregado como uma forma de melhorar o desempenho dos animais, com concomitante

redução no tempo de abate ou na idade à primeira cria, o que pode proporcionar maior eficiência de produção do sistema como um todo. Entretanto, em função do nível de oferta de concentrado utilizado, alterações no consumo, na digestibilidade dos nutrientes e nos parâmetros de crescimento e deposição dos tecidos corporais e da carcaça passam a ocorrer. Os resultados obtidos pela pesquisa agropecuária brasileira em relação ao efeito de níveis de concentrado sobre o desempenho, o consumo, a digestibilidade dos nutrientes da dieta, características de carcaça ou sobre parâmetros de crescimento em bovinos de corte mostram-se variáveis, sendo verificados efeitos positivos, negativos ou nulos (Silva et al., 2002; Pereira et al., 2006). As flutuações observadas na resposta animal em função da inclusão de maiores níveis de concentrado na dieta podem ser explicadas por diferenças tanto no componente animal (raça, tamanho e peso corporais, condição sexual, status fisiológico etc), quanto na dieta em si (tipo do volumoso, diferentes ingredientes utilizados na formulação do concentrado, teores de energia e proteína da dieta total etc).

Por outro lado, o efeito de sexo tem se mostrado altamente determinante de diferenças no crescimento, nas taxas de deposição dos diferentes tecidos corporais, e da carcaça (Berg & Butterfield, 1976), bem como em suas características quantitativas e qualitativas (Felício, 2005). Machos inteiros apresentam taxa de crescimento cerca de 10 a 20% superior em relação aos machos castrados e às fêmeas, desde que mantidos em condições que lhes permitam expressar seu potencial de crescimento (Pádua et al., 2004), tendendo a produzir carcaças mais musculosas e magras, com menor cobertura de gordura (Purchas, 1991; Seideman et al., 1982). No entanto, machos castrados e fêmeas apresentam maior rendimento de traseiro (Junqueira et al. 1998), onde estão localizados os cortes mais nobres da carcaça, já que machos inteiros apresentam maior desenvolvimento do dianteiro (Luchiari Filho, 2000).

A composição do ganho de peso também é afetada pela classe sexual, com maiores teores de gordura no ganho das fêmeas e dos machos castrados em relação aos inteiros. Embora grande número de trabalhos tenham sido publicados sobre o efeito de classe sexual sobre o desempenho e o crescimento de bovinos de corte (Purchas, 1991), maiores informações tornam-se necessárias no sentido de determinar a natureza das interações que possam existir entre classe sexual e

outros efeitos que afetam a produtividade animal, tais como grupo genético e nutrição (Turton, 1982).

Nesse sentido, realizou-se esse trabalho, objetivando estudar os efeitos de classe sexual e nível de oferta de concentrado sobre parâmetros nutricionais e produtivos de bovinos Nelore.

Material e Métodos

O experimento foi realizado no confinamento experimental do Laboratório Animal do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa entre os meses de outubro de 2004 a janeiro de 2005.

Foram utilizados 35 animais, sendo 12 machos inteiros, 11 machos castrados e 12 fêmeas. Os animais provieram de um mesmo rebanho comercial e foram utilizados em experimento prévio, no qual foram alimentados com uma mesma dieta (11,80% de PB e 56,90% de NDT) durante 77 dias (Paulino et al., 2006). Imediatamente após o término desse, 15 animais (4 machos inteiros, 3 machos castrados e 4 fêmeas) foram abatidos, de forma a comporem o grupo referência, que foi utilizado para estimação da composição inicial do corpo vazio e da carcaça dos demais animais. O abate foi realizado após jejum de 16 horas.

Os animais remanescentes permaneceram alojados no confinamento experimental, em baias individuais, com dimensões de 1,8 m de largura por 18,8 m de comprimento, totalizando 33,84 m². Desse total, 11,88 m² (1,8 x 6,6 m) eram de piso de concreto e cobertos com telha de amianto. Cada baia era provida de comedouro (1,6 m) e bebedouro de concreto.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, em esquema fatorial 3 x 2, respectivamente 3 classes sexuais (machos inteiros, machos castrados e fêmeas) e dois níveis de oferta de concentrado (0,6 e 1,2% do peso), compondo, portanto, 6 tratamentos.

Antes do início do experimento, os animais foram pesados, em jejum de 16 horas, e foram obtidas imagens ultrasonográficas da região lombar compreendida entre a 12^a e 13^a costelas, por técnico credenciado junto ao *Ultrasound Guidelines Council* (Iowa, EUA), utilizando-se equipamento de ultrassom, modelo Aloka 500-V, com probe linear de 17,2 cm e 3,5 Mhz de frequência. As imagens ultrasonográficas foram coletadas na A interpretação das imagens, para

mensuração da espessura de gordura inicial, foi realizada utilizando-se software apropriado. Os animais estavam com idade média de 24 meses ao início do experimento, apresentando pesos vivos médio de $341,7 \pm 4,5$; $321,0 \pm 7,0$ e $296,4 \pm 6,3$ kg, respectivamente, para os machos inteiros, machos castrados e fêmeas.

Os animais foram adaptados às dietas experimentais durante uma semana, sendo que essas foram formuladas de forma a serem isoprotéicas, utilizando-se silagem de milho como alimento volumoso. Os concentrados experimentais foram formulados a partir de fubá de milho, farelo de algodão 42%, uréia:sulfato de amônio (9:1), calcáreo calcítico, cloreto de sódio (sal branco) e mistura mineral comercial. A composição dos concentrados experimentais está apresentada na Tabela 1.

Tabela 1 - Composição dos concentrados experimentais, na base da matéria natural, em função dos níveis de oferta de concentrado

| Ingrediente (%) | Níveis de oferta de concentrado (% do PV) | |
|------------------------------|---|------|
| | 0,6 | 1,2 |
| Fubá de milho | 58,9 | 83,2 |
| Farelo de algodão 42% | 33,9 | 13,2 |
| Uréia/sulfato de amônio | 3,0 | 1,50 |
| Calcáreo calcítico | 2,0 | 1,0 |
| Cloreto de sódio | 1,1 | 0,55 |
| Mistura mineral ¹ | 1,1 | 0,55 |

¹ Composição da mistura mineral, por kg do produto: cálcio, 240g; fósforo, 174 g; cobalto, 100 mg; cobre, 1.250 mg; ferro, 1795mg; flúor (máx), 1740 mg; iodo, 90 mg; manganês, 2000 mg; zinco, 5270 mg; selênio, 15 mg; veículo q.s.p., 1000 g.

O experimento teve duração de 112 dias, sendo subdivido em quatro períodos experimentais de 28 dias cada. Os alimentos (volumoso + concentrado) foram fornecidos duas vezes ao dia (6h30 e 15h30), com cerca de 60% da quantidade diária fornecida pela manhã e os 40% restantes na parte da tarde. A quantidade de concentrado fornecida foi ajustada a cada 28 dias, quando os animais eram pesados, sendo todas as pesagens realizadas após jejum de 16 horas.

As sobras foram coletadas diariamente, pesadas e amostradas, por animal, sendo acondicionadas em sacos plásticos devidamente identificados. Foram

mantidas em freezer a -20°C e, após cada semana, foram descongeladas e homogeneizadas, retirando-se uma sub-amostra, a qual foi pesada, pré-seca em estufa de ventilação forçada a 65°C por 72 horas, moída em moinho com peneira de 1 mm e acondicionada em recipiente plástico identificado por animal. Amostras de 4 semanas consecutivas, já moídas, foram utilizadas para obtenção de uma amostra composta de sobras, com base no peso seco ao ar, por animal, por período de 28 dias. Nesse sentido, para cada animal obtiveram-se quatro amostras compostas de sobras, que foram armazenadas em local fresco e arejado para posteriores análises laboratoriais.

Amostras da silagem de milho também foram obtidas diariamente, compostas por semana, pré-secas, moídas e armazenadas. Dessa forma, o volumoso utilizado foi analisado semanalmente. Os ingredientes dos concentrados (milho e farelo de algodão) foram coletados a cada partida, totalizando três amostras de cada ingrediente ao longo do experimento.

Ensaio de digestibilidade foram realizados em cada período experimental, sempre em seu terço médio, ou seja, ao final da segunda semana de cada período de 28 dias. Durante os ensaios, foram coletadas amostras de fezes de cada animal em dois dias consecutivos, diretamente no piso das baias e imediatamente após a defecação. No primeiro dia, as fezes foram coletadas no período da manhã e no dia subsequente no período da tarde. As amostras de fezes foram acondicionadas em pratos de alumínio e levadas à estufa de ventilação forçada a 65°C , durante 72 horas. Depois de secas, foram moídas em moinho com peneira de 1 mm e, em seguida, acondicionadas em recipientes de plástico. Para cada animal, e por período, foram obtidas duas amostras de fezes (manhã e tarde), que foram proporcionalmente homogeneizadas, depois de secas e moídas, formando amostra composta. Desta forma, ao longo de todo o período experimental obtiveram-se quatro amostras compostas de fezes para cada animal.

A excreção fecal foi estimada a partir da técnica do indicador interno, conforme Cochran et al. (1986), utilizando a fibra em detergente ácido indigestível (FDAi). Os teores de FDAi nas amostras de fezes, sobras e dos alimentos fornecidos (silagem de milho e concentrados) foram obtidos como sendo o resíduo resultante após tratamento das amostras - incubadas *in situ* por um período de 144 horas – com detergente ácido (FDA). As digestibilidades da

matéria seca, da matéria orgânica, bem como de todos os demais nutrientes analisados (PB, EE, CNF e FDN), foram obtidas a partir da seguinte fórmula:

$$\text{Digestibilidade } i = \frac{(\text{Quantidade ingerida } i - \text{Quantidade excretada } i)}{\text{Quantidade ingerida } i} \times 100,$$

sendo *i* o constituinte analisado (MS, MO, PB, EE, FDN ou CNF)

Como foram realizados quatro ensaios de digestibilidade ao longo do experimento, obteve-se a média das digestibilidades, as quais foram submetidas às devidas análises estatísticas.

As amostras da silagem de milho e dos ingredientes dos concentrados (fubá de milho e farelo de algodão), das sobras e das fezes foram analisadas em laboratório quanto aos seus teores de matéria seca (MS), matéria mineral (MM), nitrogênio total e extrato etéreo (EE), seguindo as recomendações de Silva & Queiroz (2002). A matéria orgânica foi obtida como sendo 100 – MM, e o teor de proteína bruta (PB) a partir do produto do N total e o fator 6,25. Os teores de fibra em detergente neutro (FDN) e nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN) foram obtidos de acordo com os protocolos descritos por Van Soest et al. (1991) e Licitra et al. (2006). A fibra em detergente ácido, o nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA) e a lignina (LIG) (ácido sulfúrico 72%) foram obtidos segundo Van Soest & Robertson (1980) e Licitra et al. (1996). Utilizou-se o sistema ANKOM para as avaliações de FDN e FDA, com modificação do saquinho utilizado (5,0 x 5,0 cm, porosidade de 100 µm), que foi confeccionado utilizando-se tecido TNT (100 g/m²). Alpha-amilase estável ao calor foi empregada nas análises de FDN, cujas amostras dos alimentos, das sobras e das fezes, não foram corrigidas para cinzas.

Os carboidratos não fibrosos (CNF) foram calculados de acordo com o NRC (2001), como: CNF (%) = 100 – (% PB + % EE + % cinzas + (%FDN – %PIDN)). Para os concentrados, em virtude da presença de uréia em suas constituições, o teor de CNF foi calculado como proposto por Hall (2000), sendo CNF = 100 – ((%PB - %PB derivada da uréia + % de uréia) + %FDNp + %EE + %cinzas).

A densidade energética das dietas experimentais, expressa em termos de nutrientes digestíveis totais, foi determinada a partir da fórmula recomendada pelo

NRC (2001): $NDT (\%) = PBD + 2,25 \times EED + CNFD + FDNpD$, sendo que PBD, EED, CNFD e FDNpD significam, respectivamente, proteína bruta digestível, extrato etéreo digestível, carboidratos não-fibrosos digestíveis e fibra em detergente neutro (isenta de proteína) digestível. A concentração de energia digestível (ED) das dietas foi obtida pela equação proposta pelo NRC (2001): $ED (\text{Mcal/kg MS}) = 5,6 \times PBD + 9,4 \times EED + 4,2 \times FDNpD + 4,2 \times CNFD$. Já as concentrações de energia metabolizável (EM) foram consideradas como sendo 82% da ED (NRC, 2000).

A composição química da silagem de milho, dos ingredientes dos concentrados, e das dietas experimentais estão apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2 - Composição química da silagem de milho, do fubá de milho, do farelo de algodão e das dietas experimentais, expressos na base da matéria seca

| Item | Silagem de milho | Fubá de milho | Farelo de algodão | D1 – 0,6% | D2 – 1,2% |
|--------------------|------------------|---------------|-------------------|-----------|-----------|
| MS, % | 24,34 | 87,13 | 87,02 | 40,25 | 55,95 |
| MO, % MS | 94,46 | 98,88 | 93,52 | 94,44 | 94,80 |
| PB, % MS | 6,17 | 9,07 | 46,87 | 12,06 | 12,10 |
| NIDN, % N total | 21,70 | 9,95 | 3,41 | 18,02 | 15,20 |
| NIDA, % do N total | 8,87 | 3,82 | 2,11 | 7,39 | 6,16 |
| EE, % MS | 2,77 | 3,32 | 2,80 | 2,80 | 2,95 |
| FDN, % MS | 60,87 | 12,43 | 31,94 | 50,15 | 37,68 |
| FDNp, % MS | 59,16 | 11,53 | 30,35 | 48,60 | 36,35 |
| CNF, % MS | 26,08 | 75,08 | 13,51 | 32,11 | 44,61 |
| FDA, % MS | 37,49 | 3,57 | 25,23 | 30,76 | 21,88 |
| LIG, % MS | 5,05 | 0,76 | 9,41 | 4,69 | 3,46 |
| NDT, % | - | - | - | 62,41 | 67,91 |
| ED, Mcal/kg MS | - | - | - | 2,72 | 2,95 |
| EM, Mcal/kg MS | - | - | - | 2,23 | 2,42 |

D1 – 0,6% - Dieta composta por aproximadamente 75 % de silagem de milho e 25 % de concentrado ou 0,6 % do PV em concentrado, na base da matéria seca total.

D2 – 1,2% - Dieta composta aproximadamente por 50 % de silagem de milho e 50 % de concentrado ou 1,2 % do PV em concentrado, na base da matéria seca total.

Todos os animais foram abatidos ao término do experimento. No entanto, em virtude de limitações físicas do abatedouro da Universidade Federal de Viçosa (onde as carcaças foram armazenadas), foi possível abater somente 6 animais

em cada dia de abate. Como as avaliações das carcaças foram realizadas um dia após o abate, foram necessários seis dias alternados para que todos os animais fossem abatidos. Os animais foram pesados, após jejum de sólidos de 16 horas, e abatidos em seguida, por concussão cerebral, seguida de secção da veia jugular, conforme resolução 714 de 2002 do Conselho Federal de Medicina Veterinária (CFMV). O sangue foi recolhido em recipiente plástico, pesado e amostrado. Todas as partes constituintes do corpo animal [(cabeça, patas, cauda, couro, aparelho gastrointestinal (rúmen, retículo, omaso, abomaso, intestino delgado, intestino grosso), órgãos internos (pulmões, rins, coração, baço, fígado), gordura interna, mesentério, língua, diafragma, aparas (esôfago, traquéia, laringe, aparelho reprodutivo), e meia-carcaças esquerda e direita] foram pesadas, sendo que o trato gastrointestinal foi devidamente esvaziado e lavado previamente à sua pesagem. A carcaça foi dividida ao meio, resultando em duas meia-carcaças. Amostras de cada um desses constituintes, exceto da carcaça, foram tomadas imediatamente após sua pesagem, e acondicionadas em sacos plásticos devidamente identificados.

O peso de corpo vazio (PCVZ) de cada animal foi obtido pelo somatório de todas as partes constituintes do corpo descritas acima, mais o sangue. Para obtenção do peso de corpo vazio inicial dos animais que permaneceram no experimento, utilizou-se a relação PCVZ/PV média obtida nos animais referência, dentro de cada classe sexual. As composições médias da carcaça, e do corpo vazio como um todo, obtida nos animais referência foram utilizadas para se estimar as composições iniciais dos demais animais, sempre dentro de cada classe sexual separadamente.

Ao término de cada abate, as carcaças foram transportadas para o abatedouro da Universidade Federal de Viçosa e resfriadas a 0°C por um período de 18 a 24 horas. As amostras do aparelho gastrointestinal, dos órgãos internos, da língua, das aparas, do mesentério, da gordura interna e do diafragma, foram proporcionalmente agrupadas e pesadas, compondo uma amostra composta - denominada de órgãos + vísceras -, que foi, em seguida, moída. O sangue amostrado foi transferido para recipientes plásticos, pesado, e levado a estufa de ventilação forçada a 65°C, para secagem. Depois de seco, foi novamente pesado e moído em moinho de bola, sendo acondicionado em recipientes plásticos, para

posteriores determinações dos seus teores de matéria seca, extrato etéreo, proteína bruta e matéria mineral.

Dentro de cada tratamento, foi escolhido um animal, aleatoriamente, do qual reteve-se a cabeça e dois membros (um anterior e um posterior). A cabeça foi dissecada em couro, tecido mole e osso e os membros em couro, tendões e ossos. O peso do couro obtido na dissecação da cabeça e dos membros foi adicionado ao couro retirado no momento do abate, obtendo-se, assim, o peso total do couro de cada animal. O tecido mole da cabeça e os tendões dos membros foram moídos, enquanto os ossos foram serrados, sendo todos amostrados e armazenados para posteriores análises laboratoriais. As composições física e química da cabeça e dos membros, obtidas nos animais sorteados, dentro de cada tratamento, foram utilizadas para a obtenção das composições dos demais animais pertencentes ao mesmo tratamento.

Transcorrido o resfriamento, as carcaças foram novamente pesadas, e tiveram suas medidas de espessura de gordura e de área de olho de lombo mensuradas na altura da 12^a costela. A meia-carcaça direita de cada animal foi separada entre a quinta e a sexta costelas, em traseiro e dianteiro. O dianteiro compreendeu os cortes acém, paleta completa e ponta de agulha, enquanto o traseiro especial foi representado pelo coxão e pela alcatra completa. O rendimento dos cortes comerciais foi avaliado de forma absoluta (kg) ou relativa (em relação ao peso da carcaça). Após a pesagem dos cortes comerciais, a carcaça foi dissecada, quando houve separação dos tecidos adiposo, muscular e ósseo, sendo que o tecido adiposo foi subdividido em tecido adiposo subcutâneo e intermuscular, que foram pesados separadamente. Após a separação, os tecidos adiposo (subcutâneo + intermuscular) e muscular foram pesados e moídos separadamente. Após a moagem obteve-se, de forma proporcional, uma amostra composta, denominada de músculo + gordura da carcaça. Os ossos da carcaça foram subdivididos em três classes: ossos longos (representados pelos ossos dos membros anteriores e posteriores e da pelve), costelas e vértebras. Os ossos, dentro de cada classificação, foram pesados, serrados e amostrados separadamente. No momento do processamento das amostras da carcaça, os ossos foram pesados proporcionalmente e homogeneizados, constituindo uma amostra composta representativa da carcaça, denominada de amostra de ossos da carcaça.

A partir do procedimento descrito acima, obteve-se a composição física da carcaça.

As amostras dos ossos e a composta músculo + gordura foram armazenadas a -20°C para posteriores quantificações de seus teores de matéria seca, extrato etéreo, proteína e cinzas.

As amostras (aproximadamente 200 g cada) de couro, cauda, tecido mole da cabeça, osso da cabeça, tendões, osso dos membros, órgãos + vísceras, músculo + gordura da carcaça e ossos da carcaça foram acondicionadas em vidros com capacidade aproximada de 500 mL, pesadas e levadas à estufa a 105°C , por um período de 48 a 96 horas, para quantificação de seu teor de matéria seca gordurosa (MSG).

Posteriormente, as amostras foram pesadas novamente, tiveram a gordura removida dos vidros e foram submetidas a lavagens sucessivas com éter de petróleo, com o intuito de se obter a matéria seca pré-desengordurada (MSPD). Em seguida, foram moídas em moinho de bola, acondicionadas em recipientes plásticos e devidamente armazenadas para posteriores determinações laboratoriais quanto aos seus teores de matéria seca, extrato etéreo e proteína. A gordura removida no pré-desengorduramento foi calculada pela diferença entre a MSG e a MSPD, cujo resultado foi adicionado aos obtidos para o extrato etéreo residual na MSPD, para determinação do teor total de gordura nas amostras.

As determinações de matéria seca, matéria mineral, extrato etéreo e do nitrogênio total das amostras dos constituintes corporais foram realizadas de acordo com recomendações de Silva & Queiroz (2002), sendo o teor de proteína bruta obtido pelo produto entre o nitrogênio total e o fator 5,88, conforme sugerido por Baldwin (1995). A partir dos teores de matéria seca, proteína, extrato etéreo e cinzas, obtidos nas amostras de todos os constituintes corporais, conforme descrito previamente, obtiveram-se os teores de água, extrato etéreo, proteína e cinzas no corpo vazio e na carcaça dos animais. A partir da composição inicial, estimada pelos animais abatidos ao início do experimento, determinou-se, também a composição do ganho de peso dos animais ao longo do experimento.

As variáveis estudadas foram analisadas estatisticamente por intermédio dos programas SAS (1989) e MINITAB (1994), sendo classe sexual, nível de oferta de concentrado e a interação classe sexual x nível de oferta de concentrado os

efeitos fixos considerados. Adotou-se o nível de 5% de probabilidade para as comparações entre as médias, que foram realizadas a partir do teste Tukey.

Resultados e Discussão

A interação classe sexual x nível de oferta de concentrado não foi significativa ($P>0,05$) para nenhuma das variáveis estudadas. Desta forma, os efeitos de classe sexual e nível de oferta de concentrado foram avaliados e discutidos independentemente.

Não houve efeito ($P>0,05$) de classe sexual e nível de oferta de concentrado sobre o consumo de matéria seca, quando expresso em kg/dia ou em função do peso vivo médio metabólico ($\text{g/kg}^{0,75}$) e sobre a razão PCVZ/PV (Tabela 3). O nível de oferta de concentrado não mostrou-se significativo ($P>0,05$) para os consumos de matéria seca, o peso vivo final, o peso de corpo vazio final, os ganhos médios de peso vivo, de carcaça ou de corpo vazio, a eficiência alimentar e a eficiência de deposição de carcaça (Tabela 3).

Silva et al. (2002) também não constataram efeito de níveis de concentrado sobre o consumo de matéria seca, o desempenho e a conversão alimentar de tourinhos Nelore, corroborando os resultados obtidos nesse estudo.

Por outro lado, condição sexual exerceu influência ($P<0,05$) sobre o desempenho, o consumo de matéria seca (% do PV), a eficiência alimentar e a eficiência de deposição de carcaça dos animais (Tabela 3). Embora o efeito de sexo sobre a ingestão de alimentos pareça ser limitado (ARC, 1980; NRC, 1987), o consumo de matéria seca, relativo ao peso vivo, foi superior nas fêmeas, em relação aos machos inteiros ($P<0,05$), ficando os machos castrados em posição intermediária. Ingvarsten et al. (1992) reportaram que novilhas, com peso vivo inferior a 250 kg, apresentam capacidade de consumo maior que machos inteiros e castrados. No entanto, em razão de as fêmeas terem apresentado taxa de maturação mais pronunciada que machos castrados e esses, por sua vez, mais que machos inteiros, com concomitante maior acúmulo de gordura corporal, espera-se que a capacidade de consumo das fêmeas diminua com o aumento do seu peso vivo, uma vez que a gordura exerce influência direta, por limitações físicas impostas pela gordura abdominal sobre o rúmen, e indiretas sobre a

ingestão alimentar, pela secreção de leptina pelos adipócitos, hormônio que tem sido correlacionado a reduções no consumo (Nkrumah et al., 2005).

Tabela 3 - Medidas de desempenho, consumo de MS, eficiência alimentar e eficiência de deposição de carcaça de bovinos Nelore de diferentes classes sexuais (CS), alimentados com dois níveis de oferta de concentrado (NC) na dieta

| Item | Classe sexual | | | Nível de concentrado | | Valor P | | |
|---|-----------------|------------------|--------|----------------------|---------|---------|-------|-------|
| | Machos inteiros | Machos castrados | Fêmeas | 0,6% PV | 1,2% PV | CS | NC | INT. |
| Peso vivo final, kg | 435,0a | 396,0ab | 372,0b | 407,5 | 394,2 | 0,003 | 0,31 | 0,73 |
| Peso de corpo vazio final, kg | 405,5a | 371,4ab | 347,4b | 379,7 | 369,8 | 0,001 | 0,34 | 0,58 |
| Razão PCVZ/PV | 0,9325 | 0,9383 | 0,9360 | 0,9324 | 0,9388 | 0,77 | 0,34 | 0,83 |
| Consumo de MS, kg/dia | 7,56 | 7,31 | 7,18 | 7,45 | 7,25 | 0,50 | 0,47 | 0,58 |
| Consumo de MS, g/kg de PV | 19,3b | 20,0ab | 21,1a | 20,0 | 20,3 | 0,018 | 0,40 | 0,57 |
| Consumo de MS, g/kg ^{0,75} | 86,00 | 87,40 | 90,60 | 87,60 | 88,30 | 0,21 | 0,72 | 0,55 |
| Ganho médio diário, kg/dia | 0,83a | 0,69b | 0,66b | 0,74 | 0,71 | 0,048 | 0,67 | 0,28 |
| Ganho de peso de corpo vazio, kg/dia | 0,92a | 0,76ab | 0,69b | 0,77 | 0,80 | 0,003 | 0,49 | 0,16 |
| Razão GPCVZ/GPV | 1,17 | 1,18 | 1,12 | 1,10 | 1,21 | 0,52 | 0,021 | 0,71 |
| Eficiência alimentar, kg ganho/kg MS ingerida | 0,109a | 0,094ab | 0,092b | 0,099 | 0,097 | 0,024 | 0,80 | 0,102 |
| Ganho de carcaça, kg/dia | 0,58a | 0,47ab | 0,44b | 0,49 | 0,51 | 0,01 | 0,62 | 0,33 |
| Eficiência de deposição de carcaça ¹ | 13,20b | 15,91ab | 16,64a | 15,86 | 14,63 | 0,012 | 0,18 | 0,31 |

Médias, na mesma linha, dentro de classe sexual ou nível de concentrado, seguidas por letras diferentes, diferem entre si (P<0,05).

¹ kg de MS consumida/ kg de ganho de carcaça; ² PCVZ = peso de corpo vazio.

Alguns relatos presentes no NRC (1987) atestaram situações em que o consumo de matéria seca de novilhas foi similar (Fox et al., 1984) ou superior (Klosterman & Parker, 1976) em 3 a 5% aos consumos observados em machos castrados e inteiros. Ayala (1974), citado pelo NRC (1987), encontrou consumos relativos similares entre machos inteiros, castrados e fêmeas. Desta forma, o efeito de sexo propriamente dito parece não ser muito consistente sobre o consumo de matéria seca em bovinos de corte, sendo seus efeitos confundidos

com outros fatores, tais como peso corporal, idade e composição corporal. Porém, uma possível explicação para o maior consumo relativo de matéria seca observado para as fêmeas pode ser o seu menor peso vivo (Tabela 3), já que animais mais leves tendem a apresentar capacidade de consumo superior a animais mais pesados. Isso ocorre porque o tamanho do aparelho gastrointestinal está relacionado proporcionalmente ao peso corporal (expoente igual a 1), enquanto as exigências de energia estão relacionadas ao peso corporal elevado à potência 0,75 (Van Soest, 1994). Como o consumo depende desses dois fatores, o melhor expoente para descrever o consumo em função do peso vivo encontraria-se situado entre esses dois valores, sendo relatados valores ao redor de 0,5 e 0,8 (Colburn & Evans, 1968). Expoentes inferiores a 1 implicam que o consumo de matéria seca, em relação ao peso vivo, decresce de forma mais intensa à medida em que o peso se eleva. Desta forma, parece que ocorre um maior *turnover* do conteúdo ruminal em animais com pesos mais leves (NRC, 1987).

Os machos inteiros foram mais pesados ao final do experimento ($P < 0,05$) que as fêmeas, ficando os castrados em posição intermediária (Tabela 3). Tal observação reflete, pelo menos em parte, as diferenças detectadas entre os grupos para o ganho médio diário, de peso de corpo vazio e de carcaça (Tabela 3). Silva et al. (2005) também verificaram que o peso vivo final de machos inteiros Nelore x Piemontês foi superior ao das fêmeas, após 131 dias de confinamento. Machos inteiros apresentaram desempenho em ganho médio diário 18,7% superior à média do desempenho dos machos castrados e das fêmeas, ganharam 17,4% mais peso de corpo vazio e 21,6% mais carcaça que a média dos machos castrados e das fêmeas (Tabela 3), concordando com relatos da literatura, em que animais inteiros crescem a uma taxa cerca de 10-25% mais intensa que animais castrados (Purchas et al., 2002; Padua et al., 2004). Junqueira et al. (1998) também detectaram que machos inteiros tiveram ganho de peso médio diário superior em relação a fêmeas de mesma idade (1,44 vs 1,18 kg/dia).

Em relação à eficiência alimentar, é sabido que machos inteiros apresentam melhor capacidade de converter alimentos em ganho de peso e em tecidos componentes da carcaça (Seideman et al., 1982). Verifica-se na Tabela 3 que os animais inteiros obtiveram taxas mais pronunciadas de ganho de carcaça, depositando mais carcaça e apresentando maior ganho em peso, para cada quilo

de matéria seca consumida, que as fêmeas ($P < 0,05$), ficando os castrados em posição intermediária. As fêmeas, além de terem apresentado maior consumo, quando expresso em % do PV, que os animais inteiros, também cresceram de forma mais lenta ($0,83 \times 0,66$ kg/dia), resultando, portanto, em menor eficiência alimentar e de deposição de carcaça. O ranqueamento observado para o desempenho e a eficiência alimentar, com os machos inteiros se destacando em relação às fêmeas, e os machos castrados se situando em posição intermediária está de acordo com revisão extensa realizada por Purchas (1991), a respeito do efeito de sexo sobre o crescimento e a composição corporal e da carcaça de bovinos de corte. Marion et al. (1980) não detectaram diferença no ganho médio diário e na eficiência alimentar entre machos castrados e novilhas, corroborando os dados obtidos nesse experimento.

Os consumos de todos os nutrientes, quando expressos em termos absolutos (kg/dia), não foram afetados ($P > 0,05$) pela classe sexual (Tabela 4). Já o efeito do nível de oferta de concentrado mostrou-se significativo para os consumos de FDN e CNF ($P < 0,05$), sendo que os animais alimentados com a dieta cuja oferta de concentrado foi de 0,6% do PV apresentaram maiores ($P < 0,05$) consumos de FDN e, conseqüentemente, menores consumos de CNF ($P < 0,05$), quando comparados aos animais que receberam 1,2% do PV em concentrado (Tabela 4). Evidentemente que esse efeito se deve ao fato de os animais que receberam menor quantidade de concentrado (0,6% PV) terem ingerido uma dieta com maior participação de volumoso (cerca de 75% de volumoso e 25% de concentrado), cuja concentração de fibra na matéria seca (60,87% de FDN) foi bem superior que a do concentrado (17,98 e 14,49%, respectivamente, para os concentrados ofertados a 0,6 e 1,2% do PV). A dieta dos animais com oferta de concentrado de 1,2% do PV apresentou relação volumoso:concentrado ao redor de 50:50, o que permitiu maior ingestão de CNF, oriundos do concentrado, e menor consumo de FDN. Houve maior consumo de NDT ($P < 0,10$) para os animais que receberam 1,2% do PV em concentrado (Tabela 4) em relação aos que receberam a menor quantidade de concentrado. Como as dietas foram formuladas de forma a serem isoprotéicas (12% de PB) e o consumo de matéria seca foi semelhante entre as duas dietas (Tabela 3), não verificou-se efeito ($P > 0,05$) do nível de concentrado sobre os consumos de PB. Quando os consumos foram analisados de forma relativa ao peso vivo médio,

verificou-se que as fêmeas apresentaram consumos superiores ao dos machos inteiros ($P < 0,05$), ficando os machos castrados em posição intermediária (Tabela 4). Consumos de EE, CNF e de energia (NDT e EM) foram superiores ($P < 0,05$) nos animais do tratamento em que o nível ofertado de concentrado foi de 1,2% do PV, enquanto o consumo de FDN foi inferior ($P < 0,05$). Os consumos de FDN, em % do PV encontrados (Tabela 4) situam-se dentro da faixa encontrada em trabalhos nacionais com forrageiras tropicais (Ítavo et al., 2002).

Tabela 4 - Consumos médios de MO, PB, EE, FDN, CNF, NDT e EM de bovinos Nelore de diferentes classes sexuais (CS), alimentados com dois níveis de oferta de concentrado (NC) na dieta

| Item | Classe sexual | | | Nível de concentrado | | Valor P | | |
|--------------------------------|-----------------|------------------|--------|----------------------|---------|---------|---------|------|
| | Machos inteiros | Machos castrados | Fêmeas | 0,6% PV | 1,2% PV | CS | NC | INT. |
| Consumos, kg ou g/dia | | | | | | | | |
| MO ¹ | 7,16 | 6,93 | 6,81 | 7,05 | ,88 | 0,51 | 0,51 | 0,57 |
| PB ² | 904,02 | 875,28 | 849,14 | 898,74 | 853,56 | 0,37 | 0,16 | 0,57 |
| EE ² | 243,90 | 236,57 | 231,00 | 234,97 | 239,35 | 0,35 | 0,55 | 0,68 |
| FDN ¹ | 3,27 | 3,16 | 3,13 | 3,64 a | 2,73b | 0,56 | <0,0001 | 0,41 |
| CNF ¹ | 2,95 | 2,86 | 2,80 | 2,48 b | 3,26a | 0,52 | <0,0001 | 0,73 |
| NDT ¹ | 4,89 | 4,77 | 4,71 | 4,65 | 4,93 | 0,64 | 0,08 | 0,30 |
| Consumos, % PV | | | | | | | | |
| MO | 1,83b | 1,89ab | 2,00a | 1,89 | 1,93 | 0,02 | 0,34 | 0,57 |
| PB | 0,23b | 0,24ab | 0,25a | 0,24 | 0,24 | 0,047 | 0,67 | 0,64 |
| EE | 0,063b | 0,065ab | 0,068a | 0,063b | 0,06a | 0,004 | 0,002 | 0,74 |
| FDN | 0,84b | 0,86ab | 0,92a | 0,98a | 0,77b | 0,005 | <0,0001 | 0,77 |
| CNF | 0,76b | 0,79ab | 0,82a | 0,67b | 0,91a | 0,05 | <0,0001 | 0,38 |
| NDT | 1,26b | 1,31ab | 1,39a | 1,24b | 1,39a | 0,004 | <0,0001 | 0,15 |
| Consumo, g//kg ^{0,75} | | | | | | | | |
| EM | 198,70 | 203,61 | 211,97 | 195,33 b | 214,19a | 0,08 | 0,001 | 0,16 |

Médias, na mesma linha, dentro de classe sexual ou nível de concentrado, seguidas por letras diferentes, diferem ($P < 0,05$) entre si.

¹ kg/dia; ² g/dia.

Em relação às digestibilidades, verificou-se que somente a digestibilidade aparente total do EE foi afetada ($P < 0,05$) pela classe sexual (Tabela 5). Todas as demais digestibilidades, dentro das três classes sexuais, foram estatisticamente semelhantes ($P > 0,05$). O nível de oferta de concentrado afetou somente as digestibilidades aparentes totais da matéria seca e da matéria orgânica, que foram cerca de 10% superiores ($P < 0,05$) para os animais alimentados com a maior quantidade de concentrado. Essa melhoria na digestibilidade parece ser reflexo da maior ingestão de CNF provenientes do concentrado no tratamento com oferta de concentrado de 1,2% do PV. Ítavo et al. (2002) também não

detectaram efeitos de níveis de concentrado sobre as digestibilidades do EE e da PB, como observado nesse trabalho. É interessante notar que, apesar das digestibilidades da MS e MO terem sido superiores no tratamento com 1,2% do PV em concentrado, nenhum outro nutriente teve sua digestibilidade afetada, denotando que a digestibilidade como um todo de uma dieta é o saldo dos efeitos interativos e associativos de todos os nutrientes da dieta e não do efeito isolado de determinado constituinte. Mesmo no nível mais alto de oferta de concentrado, a digestibilidade da porção fibrosa da dieta não foi afetada, provavelmente devido à obtenção do balanceamento entre o total da proteína dietética degradável no rúmen e o teor de energia da dieta, uma vez que essa associação ajuda a manter a digestão da fibra, mesmo em situações em que suplementos ricos em amido são fornecidos aos animais (Bodine et al., 2001).

Tabela 5 - Coeficientes de digestibilidade aparente total da MS, MO, PB, EE, FDN e CNF em bovinos Nelore de diferentes classes sexuais, alimentados com dois níveis de oferta de concentrado (NC) na dieta

| Item | Classe sexual | | | Nível de concentrado | | Valor P | | |
|--|-----------------|------------------|--------|----------------------|---------|---------|---------|------|
| | Machos inteiros | Machos castrados | Fêmeas | 0,6% PV | 1,2% PV | CS | NC | INT. |
| Coeficiente de digestibilidade aparente total, % | | | | | | | | |
| MS | 59,32 | 59,53 | 59,35 | 56,22b | 62,58a | 0,98 | <0,0001 | 0,47 |
| MO | 62,31 | 62,83 | 63,02 | 59,78b | 65,66a | 0,79 | <0,0001 | 0,45 |
| PB | 58,67 | 58,59 | 58,76 | 57,91 | 59,43 | 0,99 | 0,18 | 0,30 |
| EE | 82,82b | 84,8ab | 89,16a | 85,61 | 85,62 | 0,02 | >0,9999 | 0,36 |
| FDN | 41,84 | 41,66 | 43,15 | 42,59 | 41,84 | 0,52 | 0,52 | 0,36 |
| CNF | 86,79 | 87,11 | 86,42 | 86,34 | 87,20 | 0,81 | 0,34 | 0,24 |

Médias, na mesma linha, dentro de classe sexual ou nível de concentrado, seguidas por letras diferentes, diferem entre si ($P < 0,05$)

Acompanhando a tendência observada para peso final, o peso de carcaça fria dos machos inteiros foi superior ao das fêmeas ($P < 0,05$), ficando os castrados, novamente, em posição intermediária (Tabela 6). As variáveis rendimento e comprimento da carcaça, espessura de gordura, área de olho de lombo, porcentagem de músculo e porcentagem de gordura intermuscular na carcaça não sofreram influência ($P > 0,05$) da condição sexual. O rendimento de carcaça foi semelhante entre os grupos, apesar da participação dos órgãos e das

vísceras no peso de corpo vazio final ter sido mais pronunciado ($P < 0,05$) nas fêmeas (Tabela 8).

Esses resultados contradizem a literatura, na qual se observam maiores áreas de olho de lombo e rendimentos de carcaça de animais inteiros em relação às fêmeas e aos machos castrados (Padua et al., 2004; Junqueira et al., 1998; Seideman et al., 1982), embora Restle et al. (2000) também não tenham encontrado diferença no rendimento de carcaça de machos inteiros e castrados cruzados Charolês x Nelore. Silva et al. (2005) também não notaram diferença na área de olho de lombo mensurada por ultrassom entre machos inteiros e fêmeas Nelore x Piemontês, após 110 dias de confinamento.

Rendimentos de carcaça fria por volta de 58-59% em bovinos Nelore também foram encontrados por Putrino et al. (2006), evidenciando que animais zebuínos apresentam rendimento de carcaça bastante satisfatório, o que coloca em xeque práticas das indústrias frigoríficas brasileiras que raramente obtêm rendimentos de carcaça superiores a 55%. O nível de oferta de concentrado teve efeito somente sobre a área de olho de lombo/100 kg de carcaça, que foi superior ($P < 0,05$) nos animais alimentados com 1,2% do PV em concentrado (Tabela 6). Fêmeas e machos castrados tendem a depositar gordura na carcaça e no corpo vazio como um todo de forma mais intensa que animais inteiros.

Apesar de não ter sido detectada diferença entre as classes sexuais para espessura de gordura subcutânea, numericamente, os machos inteiros apresentaram os menores valores, seguidos dos machos castrados e, com deposição mais pronunciada, das fêmeas.

A confirmação do padrão diferenciado de deposição de gordura na carcaça entre as diferentes classes sexuais pode ser então constatada pela análise dos dados referentes ao teor de gordura total e subcutânea na carcaça (Tabela 6). Fêmeas apresentaram maiores teores de gordura total e subcutânea na carcaça ($P < 0,05$) e os machos inteiros os menores, sendo a posição intermediária ocupada pelos machos castrados. Percebe-se, portanto, que diferenças na deposição de gordura corporal devidas à condição sexual, ocorrem em nível de depósitos viscerais e subcutâneos, e não intermusculares (Tabelas 6 e 8). Kempster (1980) citaram que existe número limitado de informações em relação às diferenças entre classes sexuais quanto à partição entre os diferentes depósitos de gordura corporais em bovinos, sendo que se sabe muito pouco

sobre os principais locais de acúmulo de gordura em genótipos zebuínos (Sprinkle et al., 1998).

Por outro lado, Butterfield (1988) revisou dados coletados em ovinos e constatou que a diferença no maior teor de gordura corporal em ovelhas em relação a carneiros adultos foi grandemente atribuído à maior proporção de gordura subcutânea, conforme observado nesse trabalho (Tabela 6). Os animais inteiros obtiveram cobertura de gordura na carcaça acima do limite mínimo recomendável pela indústria (3,0 mm), demonstrando que podem ser utilizados na obtenção de carcaças de qualidade, desde que abatidos jovens e com condições nutricionais suficientes para depositarem gordura na carcaça.

Tabela 6 - Características de carcaça e composições física e química da carcaça de bovinos Nelore de diferentes classes sexuais (CS), alimentados com dois níveis de oferta de concentrado (NC) na dieta

| Variáveis estudadas | Classe sexual | | | Nível de concentrado | | Valor P | | |
|---|-----------------|------------------|--------|----------------------|---------|---------|-------|------|
| | Machos inteiros | Machos castrados | Fêmeas | 0,6% PV | 1,2% PV | CS | NC | INT. |
| Peso de carcaça fria, kg | 254,70a | 233,40ab | 216,5b | 238,10 | 231,60 | 0,001 | 0,33 | 0,52 |
| Rendimento de carcaça, % | 58,58 | 58,98 | 58,33 | 58,47 | 58,79 | 0,76 | 0,65 | 0,58 |
| Comprimento de carcaça, cm | 117,60 | 113,60 | 114,90 | 117,30 | 113,50 | 0,33 | 0,10 | 0,89 |
| Espessura de gordura, mm | 5,82 | 7,28 | 8,31 | 7,30 | 6,98 | 0,17 | 0,76 | 0,90 |
| AOL, cm ² | 67,90 | 64,00 | 62,30 | 62,90 | 66,50 | 0,20 | 0,16 | 0,11 |
| AOL/100 kg carcaça, cm ² /kg | 26,73 | 27,40 | 28,87 | 26,50 b | 28,83a | 0,28 | 0,047 | 0,41 |
| Composição física da carcaça, % | | | | | | | | |
| Tecido muscular | 60,43 | 59,05 | 58,19 | 59,47 | 58,98 | 0,15 | 0,59 | 0,27 |
| Tecido ósseo | 16,62b | 17,04a | 15,25b | 16,47 | 16,14 | 0,039 | 0,56 | 0,98 |
| Tecido adiposo total | 22,95b | 23,91ab | 26,57a | 24,06 | 24,89 | 0,029 | 0,44 | 0,40 |
| Tecido adiposo subcutâneo | 8,03b | 9,02ab | 10,56a | 8,76 | 9,64 | 0,014 | 0,18 | 0,38 |
| Tecido adiposo intermuscular | 14,93 | 14,88 | 15,86 | 15,24 | 15,20 | 0,46 | 0,95 | 0,59 |
| Composição química da carcaça, % | | | | | | | | |
| Proteína | 16,30 | 15,98 | 15,39 | 15,86 | 15,92 | 0,11 | 0,86 | 0,75 |
| Extrato etéreo | 20,48 | 22,15 | 22,86 | 21,83 | 21,83 | 0,21 | 0,99 | 0,84 |
| Água | 57,14 | 55,88 | 56,13 | 56,37 | 56,40 | 0,47 | 0,98 | 0,95 |
| Cinzas | 6,07 | 5,99 | 5,62 | 5,94 | 5,85 | 0,07 | 0,55 | 0,76 |

Médias, na mesma linha, dentro de classe sexual ou nível de concentrado, seguidas por letras diferentes, diferem entre si (P<0,05).

AOL = área de olho-de-lombo.

A composição química da carcaça não foi afetada pela classe sexual nem pelo nível de oferta de concentrado ($P > 0,05$), ao contrário da composição física. As diferenças observadas quanto aos depósitos de gordura subcutânea não foram suficientes em promover a distinção entre as classes sexuais quanto aos teores de extrato etéreo na carcaça. A participação de tecido adiposo na carcaça difere do conteúdo de extrato etéreo, já que são constituintes distintos. O tecido adiposo é constituído de diferentes tipos celulares, com grande predominância dos adipócitos, enquanto extrato etéreo representa a gordura que foi removida dos tecidos por solventes orgânicos (Sainz & Hasting, 2000). Seria normal que as carcaças dos machos inteiros, que apresentaram menor participação de tecido adiposo, apresentassem também menor teor de extrato etéreo. Porém, não se trata de uma relação de causa e efeito perfeita. Numericamente, porém, a carcaça das fêmeas e dos machos castrados contiveram cerca de 10% mais extrato etéreo que a carcaça dos machos inteiros. O coeficiente de correlação entre o conteúdo de extrato etéreo na carcaça e o de tecido adiposo foi significativo ($r = 0,73$; $P < 0,0001$), demonstrando que existe associação forte entre as duas variáveis.

A partição da deposição de gordura nos diferentes depósitos corporais parece seguir uma ordem cronológica fixa. Segundo Sainz & Hasting (2000), a gordura perirenal é a primeira a ser depositada, seguida pela gordura intermuscular, pela gordura subcutânea e, finalmente, pela gordura intramuscular. Como em qualquer outro tecido, o desenvolvimento do tecido adiposo se dá tanto por hiperplasia (aumento no número de células), quanto por hipertrofia (aumento do tamanho dos adipócitos como resultado do acúmulo de gordura no citoplasma). Quando os animais atingem a fase de terminação, os depósitos de gordura que se desenvolveram mais precocemente (intermuscular, peri-renal e mesentérico) já completaram seu desenvolvimento hiperplástico e passam a depositar gordura nos adipócitos já existentes, enquanto que os depósitos subcutâneo e intramuscular continuam a recrutar novos adipócitos, ao mesmo tempo em os preenchem com gordura.

Quando se analisa a participação de cada depósito de gordura no corpo dos animais utilizados nesse trabalho, nota-se que o tecido adiposo intermuscular foi o local em que foi depositado 46,3% da gordura total, seguido pelo subcutâneo (27,0%), pelo mesentérico (18,3%) e, com menor contribuição, o depósito peri-renal (7,58%), sendo que somente o depósito intermuscular foi

afetado ($P < 0,05$) pela classe sexual, com os machos inteiros direcionando mais gordura para esse depósito em relação às fêmeas, com os machos castrados em posição intermediária (Tabela 7).

A dieta não afetou a distribuição da gordura entre os diferentes depósitos avaliados. No entanto, quando os locais de deposição de gordura foram avaliados quanto à sua participação em relação ao peso de corpo vazio total, verificou-se que a deposição de gordura subcutânea foi maior ($P < 0,05$) nas fêmeas, seguidas dos machos castrados e, por fim, pelos machos inteiros (Tabela 7).

A participação do tecido adiposo intermuscular no corpo vazio foi semelhante entre as três classes sexuais, enquanto que as fêmeas apresentaram maior participação de tecido adiposo peri-renal e mesentérico em relação aos machos inteiros, com os castrados, mais uma vez, apresentando valores intermediários (Tabela 7), refletindo as diferenças notadas em relação ao peso relativo dos órgãos internos e das vísceras em relação ao peso de corpo vazio (Tabela 9) entre as três classes sexuais. Além disso, a maior participação da gordura interna nas fêmeas também ajuda a explicar a menor taxa de crescimento das mesmas em relação aos machos inteiros, visto que a deposição da gordura na cavidade abdominal ocorre às expensas do ganho de peso (Sprinkle et al, 1998). O tecido adiposo subcutâneo dos machos inteiros, provavelmente, ainda estava em uma fase hiperplástica e hipertrófica de desenvolvimento anterior à dos machos castrados e das fêmeas, enquanto que o intermuscular se encontrava em fase similar de acúmulo de gordura.

Os níveis de oferta de concentrado não afetaram ($P > 0,05$) as taxas de deposição dos tecidos da carcaça, nem a composição do ganho de carcaça (Tabela 8). De forma similar, a interação classe sexual x nível de oferta de concentrado não foi significativa para essas variáveis. Classe sexual teve efeito significativo ($P < 0,05$) sobre as taxas de acréscimo de músculo, osso, proteína, água e cinzas na carcaça e sobre os conteúdos de tecido adiposo, proteína e cinzas no ganho de carcaça (Tabela 8). Machos inteiros apresentaram maior ($P < 0,05$) deposição de músculo na carcaça em relação às fêmeas, ficando os machos castrados em posição intermediária, e, conseqüentemente, maior deposição de proteína em relação às outras classes sexuais, enquanto que as taxas de deposição do tecido adiposo (total, subcutâneo e intermuscular) e de extrato etéreo não diferiram ($P > 0,05$) entre as três classes sexuais.

Tabela 7 - Partição entre os principais depósitos de gordura corporal e suas respectivas taxas de deposição, em bovinos Nelore de diferentes classes sexuais, alimentados com dois níveis de oferta de concentrado (NC) na dieta

| Item | Classe sexual | | | Nível de concentrado | | Valor P | | |
|-----------------------|--------------------------|------------------|--------|----------------------|---------|---------|------|------|
| | Machos inteiros | Machos castrados | Fêmeas | 0,6% PV | 1,2% PV | CS | NC | INT. |
| | % da gordura total | | | | | | | |
| Gordura subcutânea | 26,5 | 27,6 | 29,2 | 26,9 | 28,6 | 0,37 | 0,29 | 0,39 |
| Gordura intermuscular | 49,4a | 45,6ab | 44,0b | 47,3 | 45,3 | 0,016 | 0,17 | 0,77 |
| Gordura peri-renal | 6,82 | 8,22 | 7,70 | 7,39 | 7,77 | 0,12 | 0,49 | 0,56 |
| Gordura mesentérica | 17,2 | 18,6 | 19,1 | 18,33 | 18,30 | 0,42 | 0,98 | 0,09 |
| | % do Peso de corpo vazio | | | | | | | |
| Gordura subcutânea | 5,04b | 5,66ab | 6,62a | 5,50 | 6,04 | 0,015 | 0,19 | 0,46 |
| Gordura intermuscular | 9,38 | 9,34 | 9,94 | 9,57 | 9,54 | 0,50 | 0,94 | 0,75 |
| Gordura peri-renal | 1,29b | 1,68a | 1,75a | 1,49 | 1,65 | 0,007 | 0,18 | 0,44 |
| Gordura mesentérica | 3,26b | 3,77ab | 4,39a | 3,72 | 3,90 | 0,03 | 0,58 | 0,28 |

Médias, na mesma linha, dentro de classe sexual ou nível de concentrado, seguidas por letras diferentes, diferem ($P < 0,05$) entre si.

A deposição de músculo na carcaça dos machos inteiros foi cerca de 32 e 44% superior em relação aos machos castrados e às fêmeas, evidenciando que machos Nelore inteiros produzem carcaças mais musculosas e, como consequência do efeito de diluição, mais magras que machos castrados e fêmeas (Field, 1971; Seideman et al., 1982). Entretanto, os mecanismos envolvidos com essa vantagem dos machos inteiros em relação aos machos castrados e às fêmeas têm sido alvo de investigação (Morgan et al., 1993), no sentido de elucidá-los à luz dos conhecimentos gerados atualmente.

Os ganhos de músculo e proteína na carcaça, reflexo do acréscimo das proteínas musculares são o saldo líquido entre a síntese e a degradação protéica, que são processos que ocorrem de forma simultânea e contínua e são influenciados por uma variedade de fatores, especialmente a dieta, o grupo genético e a classe sexual (Martinez et al., 1984). Os machos inteiros apresentaram maior taxa de deposição muscular e de proteína na carcaça (Tabela 8) e no corpo vazio em relação às fêmeas e aos machos castrados (Tabela 9), devido, possivelmente, à maior síntese, associada à menor taxa de degradação protéica muscular. O complexo enzimático calpaína-calpastatina,

apontado como o principal responsável pela degradação das miofibrilas musculares *post mortem*, o que resulta no amaciamento da carne (Koohmaraie, 1992), também parece estar envolvido no desencadeamento do início do processo de degradação protéica do músculo *in vivo* (Goll et al., 1989). Morgan et al. (1993) verificaram que a maior taxa de crescimento e a maior eficiência alimentar de machos inteiros em relação aos machos castrados foi devido, parcialmente, ao aumento observado no acréscimo de proteína muscular, resultante de uma reduzida degradação protéica dos músculos. A atividade das enzimas μ -calpaína ou m-calpaína, responsáveis pela degradação das miofibrilas musculares, parece não ser diferente entre as classes sexuais, o que faz com que a reduzida capacidade proteolítica no músculo dos machos inteiros seja devido à maior atividade da calpastatina e da cistatina, enzimas que inibem a ação das calpaínas. Desta forma, o maior acréscimo de músculo na carcaça dos machos inteiros pode ser atribuído à menor degradação das proteínas miofibrilares que compõem o músculo.

O nível de oferta de concentrado e a interação classe sexual x nível de oferta de concentrado não se mostraram significativos ($P > 0,05$) sobre a composição do peso de corpo vazio, o ganho de peso de corpo vazio (GPCVZ), as taxas de deposição dos constituintes químicos do corpo vazio, a participação dos órgãos e das vísceras, bem como a gordura visceral no peso de corpo vazio (Tabela 9). Fortin et al. (1980) detectaram que o efeito de sexo sobre as taxas de acréscimo dos principais constituintes químicos do corpo vazio foi dependente da raça estudada e do nível de energia da dieta. Embora a dieta com maior oferta de concentrado (1,2% do PV) tenha tido maior densidade energética que a dieta com menor nível de oferta de concentrado (67,91 x 62,41% de NDT), o consumo de energia, em kg de NDT/dia, não diferiu entre as classes sexuais (Tabela 4), o que pode explicar a ausência de efeito da interação classe sexual x nível de oferta de concentrado sobre as taxas de acréscimo de proteína, água, extrato etéreo ou cinzas corporais. Nota-se, desta forma, que a dieta em que ofertou-se 0,6% do PV em concentrado forneceu nutrientes suficientes para que os animais obtivessem o mesmo crescimento, com a mesma composição dos animais alimentados com o maior nível de concentrado. A dieta não foi, portanto, fator limitante. Jesse et al. (1976) também não observaram nenhum efeito do nível de energia dietética sobre

a composição da carcaça e do peso de corpo vazio (teores de água, proteína e extrato etéreo), concordando com os resultados obtidos nesse experimento.

Tabela 8 - Taxas de crescimento dos tecidos e dos constituintes químicos e composição do ganho de carcaça de bovinos Nelore de diferentes classes sexuais (CS), alimentados com dois níveis de oferta de concentrado (NC) na dieta

| Variáveis | Classe sexual | | | Nível de concentrado | | Valor P | | |
|---|-----------------|------------------|--------|----------------------|---------|---------|------|------|
| | Machos inteiros | Machos castrados | Fêmeas | 0,6% PV | 1,2% PV | CS | NC | INT. |
| Taxas de deposição dos tecidos da carcaça, g/dia | | | | | | | | |
| Tecido muscular | 282,8a | 191,9ab | 157,9b | 208,9 | 212,8 | 0,011 | 0,90 | 0,28 |
| Tecido adiposo total | 254,1 | 235,8 | 263,1 | 243,0 | 259,0 | 0,63 | 0,50 | 0,60 |
| Tecido adiposo subcutâneo | 94,3 | 104,1 | 116,1 | 96,1 | 113,7 | 0,38 | 0,17 | 0,58 |
| Tecido adiposo intermuscular | 159,8 | 131,6 | 147,3 | 147,0 | 145,4 | 0,44 | 0,93 | 0,66 |
| Tecido ósseo | 49,6a | 35,6ab | 10,5b | 32,7 | 31,1 | 0,03 | 0,88 | 0,83 |
| Taxa de acréscimo da gordura subcutânea, mm/dia | 0,032 | 0,042 | 0,048 | 0,042 | 0,039 | 0,42 | 0,77 | 0,86 |
| Taxas de deposição dos constituintes químicos da carcaça, g/dia | | | | | | | | |
| Proteína | 86,5a | 51,3b | 43,0b | 57,9 | 62,6 | 0,002 | 0,61 | 0,61 |
| Extrato etéreo | 214 | 216 | 197 | 211 | 208 | 0,78 | 0,89 | 0,64 |
| Água | 273a | 180b | 173b | 202 | 215 | 0,006 | 0,61 | 0,52 |
| Cinzas | 19,3a | 7,3b | 21,5a | 16,3 | 15,8 | 0,016 | 0,89 | 0,59 |
| Composição física do ganho de carcaça, % | | | | | | | | |
| Tecido muscular | 47,6 | 40,4 | 35,9 | 41,5 | 41,1 | 0,12 | 0,92 | 0,20 |
| Tecido adiposo | 44,7b | 51,5ab | 61,3a | 51,9 | 53,0 | 0,046 | 0,83 | 0,21 |
| Tecido ósseo | 7,8 | 8,1 | 2,8 | 6,6 | 5,9 | 0,16 | 0,79 | 0,87 |
| Composição química do ganho de carcaça, % | | | | | | | | |
| Proteína | 14,3a | 11,2b | 9,9b | 11,5 | 12,2 | 0,056 | 0,64 | 0,69 |
| Extrato etéreo | 36,8 | 48,6 | 44,7 | 44,3 | 42,4 | 0,19 | 0,71 | 0,77 |
| Água | 45,8 | 38,7 | 40,2 | 40,8 | 42,4 | 0,34 | 0,69 | 0,90 |
| Cinzas | 3,06 ab | 1,44 b | 5,19 a | 3,42 | 3,04 | 0,003 | 0,62 | 0,69 |

Médias, na mesma linha, dentro de classe sexual ou nível de concentrado, seguidas por letras diferentes, diferem entre si (P<0,05).

Tabela 9 - Características de crescimento de tecidos extra-carcaça de bovinos Nelore de diferentes classes sexuais (CS), alimentados com dois níveis de oferta de concentrado (NC) na dieta

| Variáveis | Classe sexual | | | Nível de concentrado | | Valor P | | |
|--|-----------------|------------------|--------|----------------------|---------|-------------|------|------|
| | Machos inteiros | Machos castrados | Fêmeas | 0,6% PV | 1,2% PV | CS | NC | INT. |
| Composição química do peso de corpo vazio, % | | | | | | | | |
| Proteína | 16,66a | 15,98ab | 15,38b | 16,03 | 15,98 | 0,004 | 0,85 | 0,55 |
| Extrato etéreo | 21,23b | 23,48ab | 25,04a | 23,17 | 23,34 | 0,017 | 0,86 | 0,73 |
| Água | 55,46 | 53,74 | 53,14 | 54,19 | 54,03 | 0,051 | 0,83 | 0,83 |
| Cinzas | 4,80a | 4,82a | 4,44b | 4,71 | 4,66 | 0,02 | 0,65 | 0,92 |
| Composição química do ganho de peso de corpo vazio, % | | | | | | | | |
| Proteína | 15,41a | 11,19b | 9,53b | 11,91 | 12,18 | 0,002 | 0,82 | 0,42 |
| Extrato etéreo | 36,8 b | 50,3a | 48,4a | 46,0 | 44,4 | 0,04 | 0,71 | 0,46 |
| Água | 45,6 | 36,0 | 37,9 | 39,4 | 40,3 | 0,053 | 0,76 | 0,59 |
| Cinzas | 2,35ab | 1,70b | 3,34a | 2,49 | 2,44 | 0,03 | 0,91 | 0,66 |
| Taxas de deposição dos constituintes químicos do PCVZ, g/dia | | | | | | | | |
| Proteína | 147,9a | 90,4b | 71,7b | 100,6 | 106,0 | < 0,0001 | 0,67 | 0,25 |
| Extrato etéreo | 342,6 | 403,3 | 356,9 | 365,8 | 369,3 | 0,35 | 0,92 | 0,65 |
| Água | 434a | 293b | 281b | 327 | 345 | 0,003 | 0,60 | 0,23 |
| Cinzas | 23,3 | 14,1 | 23,7 | 20,1 | 20,6 | 0,11 | 0,89 | 0,51 |
| Órgãos + Vísceras no corpo vazio, % do PCVZ | 14,13b | 15,13ab | 15,92a | 14,90 | 15,21 | 0,006 | 0,44 | 0,94 |
| Gordura visceral, % do PCVZ | 4,55b | 5,45ab | 6,14a | 5,21 | 5,55 | 0,007 | 0,36 | 0,34 |
| Taxa de acréscimo da gordura visceral, g/dia | 75,63 | 98,83 | 95,20 | 84,75 | 95,02 | 0,33 | 0,45 | 0,30 |

Médias, na mesma linha, dentro de classe sexual ou nível de concentrado, seguidas por letras diferentes, diferem entre si ($P < 0,05$).

A classe sexual, por outro lado, exerceu efeito sobre a composição corporal e do ganho de peso de corpo vazio dos animais. Embora os machos inteiros tenham obtido maior taxa de crescimento e maior peso de corpo vazio ao final do experimento que as fêmeas, apresentaram maior ($P < 0,05$) conteúdo de proteína no peso de corpo vazio e menor teor de gordura ou extrato etéreo (Tabela 9). O teor de cinzas no peso de corpo vazio foi inferior nas fêmeas ($P < 0,05$) em relação aos machos, provavelmente devido ao fato de apresentarem carcaças com menor porcentagem de ossos (Tabela 6), pois esses representam o tecido animal com maior conteúdo de matéria mineral. Os machos castrados apresentaram composição do peso de corpo vazio intermediária entre os machos inteiros e as fêmeas. Essa diferença na composição corporal final foi reflexo da composição do ganho de peso de corpo vazio (GPCVZ), já que machos inteiros alcançaram maior

conteúdo de proteína e menor de extrato etéreo no GPCVZ que os machos castrados e as fêmeas (Tabela 9).

Verificou-se que a taxa de deposição de proteína corporal foi superior ($P < 0,05$) nos machos inteiros (147,9 g PB/dia) em relação aos machos castrados e às fêmeas (média de 81,05 g PB/dia), enquanto que não foi detectada diferença significativa entre as classe sexuais ($P > 0,05$) para a taxa de deposição de extrato etéreo corporal (Tabela 9). Assim, parece que a castração não amplia a deposição de gordura, mas sim reduz a deposição de proteína, fazendo com que, por diluição da proteína corporal, machos castrados apresentem melhor acabamento de carcaça. Machos inteiros apresentaram menor participação de órgãos + vísceras no peso de corpo vazio que as fêmeas, ficando os machos castrados em posição intermediária, sendo o mesmo comportamento observado para o teor do tecido adiposo visceral (Tabela 9). Embora as fêmeas tenham apresentado maior conteúdo de gordura visceral que os machos inteiros, a taxa de deposição de gordura nas vísceras não diferiu ($P > 0,05$) entre as três classes sexuais. Essa maior participação da gordura visceral no peso de corpo vazio das fêmeas foi reflexo da maior quantidade de órgãos e vísceras, relativamente ao corpo vazio. Como as fêmeas apresentaram maior consumo alimentar (Tabela 3), e como o tamanho do trato gastrintestinal aumenta com o aumento do consumo de alimentos e nutrientes (Sainz & Bentley, 1997), tal comportamento pode ser considerado normal.

A maior taxa de acréscimo de proteína no corpo vazio de machos inteiros em relação aos machos castrados e às fêmeas é devido à secreção de testosterona (Fletcher et al., 1986), sendo que o efeito anabólico desse hormônio sobre a proteína corporal é provavelmente expressado por redução na degradação protéica nos músculos (Lobley et al., 1990; Morgan et al. 1993), e, menos intensamente, por aumento na taxa de síntese protéica (Martinez et al., 1984).

A gordura é o principal constituinte do corpo vazio que causa variações na composição corporal, já que flutuações observadas nos demais constituintes corporais ocorrem como reflexo das mudanças na quantidade de gordura presente no corpo (Reid 1972). De acordo com Berg & Butterfield (1976), diferenças na composição química corporal resultam de variações observadas entre os animais quanto à diferença cronológica temporal ou de peso em que ocorre o início da fase de deposição mais acentuada de gordura, o que, geralmente, ocorre após a puberdade, e à taxa de deposição de gordura, ou uma

combinação de ambos. Como as taxas de deposição de gordura não foram afetadas pela classe sexual (Tabela 9), as diferenças notadas em relação ao teor de gordura no peso de corpo vazio entre os machos inteiros, os machos castrados e as fêmeas ocorreram em virtude dos diferentes tempos em que os animais atingiram a fase de rápido crescimento do tecido adiposo. As fêmeas, por serem de maturidade mais precoce, atingem esse tempo de maior ímpeto de deposição de gordura mais cedo que os machos.

Em relação ao rendimento dos cortes comerciais da carcaça, observou-se que os machos inteiros apresentaram maiores ($P < 0,05$) pesos de acém, paleta, coxão, alcatra completa, dianteiro e traseiro especial, enquanto esses cortes na carcaça das fêmeas foram mais leves, ficando os machos castrados em posição intermediária (Tabela 10). Somente a ponta de agulha, em kg, não diferiu ($P > 0,05$) entre as classes sexuais. As diferenças observadas no peso da carcaça fria (Tabela 6) refletiram-se sobre os pesos dos cortes comerciais. Os níveis de oferta de concentrado, bem como a interação classe sexual x nível de oferta de concentrado, não mostraram-se significativos ($P > 0,05$) para nenhum dos pesos ou rendimentos dos corte comerciais (Tabela 10).

Tabela 10 - Rendimento dos cortes comerciais de carcaça de bovinos Nelore de diferentes classes sexuais (CS), alimentados com dois níveis de oferta de concentrado (NC) na dieta

| Variáveis | Classe sexual | | | Nível de concentrado | | Valor P | | |
|--------------------------------------|-----------------|------------------|--------|----------------------|---------|----------|------|------|
| | Machos inteiros | Machos castrados | Fêmeas | 0,6% PV | 1,2% PV | CS | NC | INT. |
| Cortes da ½ carcaça, kg | | | | | | | | |
| Acém | 28,72a | 24,10b | 20,32c | 24,78 | 23,98 | < 0,0001 | 0,47 | 0,97 |
| Paleta | 21,35a | 18,52b | 16,77c | 19,08 | 18,68 | < 0,0001 | 0,38 | 0,58 |
| Ponta de agulha | 13,35 | 12,77 | 11,60 | 12,88 | 12,27 | 0,07 | 0,31 | 0,60 |
| Coxão | 32,17a | 31,09ab | 28,87b | 31,26 | 30,17 | 0,02 | 0,22 | 0,11 |
| Alcatra completa | 22,00a | 20,38ab | 19,13b | 20,88 | 20,12 | 0,04 | 0,38 | 0,45 |
| Dianteiro | 50,1a | 42,6b | 37,1c | 43,87 | 42,67 | < 0,0001 | 0,39 | 0,87 |
| Traseiro especial | 54,20a | 51,50ab | 48,00b | 52,2 | 50,3 | 0,03 | 0,28 | 0,22 |
| Cortes da carcaça, % da carcaça fria | | | | | | | | |
| Acém | 24,40a | 22,54b | 21,01b | 22,62 | 22,68 | < 0,0001 | 0,91 | 0,39 |
| Paleta | 18,20 | 17,36 | 17,40 | 17,55 | 17,75 | 0,11 | 0,56 | 0,69 |
| Ponta de agulha | 11,34 | 11,94 | 11,99 | 11,85 | 11,66 | 0,22 | 0,57 | 0,90 |
| Coxão | 27,37b | 29,11a | 29,88a | 28,78 | 28,79 | < 0,0001 | 0,98 | 0,20 |
| Alcatra completa | 18,69b | 19,06ab | 19,72a | 19,20 | 19,11 | 0,04 | 0,79 | 0,64 |
| Dianteiro | 42,60a | 39,90b | 38,41c | 40,17 | 40,44 | < 0,0001 | 0,52 | 0,07 |
| Traseiro especial | 46,07b | 48,18a | 49,60a | 47,99 | 47,91 | < 0,0001 | 0,87 | 0,19 |

Médias, na mesma linha, dentro de classe sexual ou nível de concentrado, seguidas por letras diferentes, diferem entre si ($P < 0,05$).

Quando avaliados em relação ao peso da carcaça fria, observou-se que os rendimentos da paleta e ponta de agulha foram semelhantes ($P>0,05$) entre as três classes sexuais, enquanto que o rendimento de acém foi superior ($P<0,05$) nos machos inteiros em comparação com os machos castrados e as fêmeas, que não diferiram entre si. Por outro lado, os rendimentos de coxão, alcatra e, conseqüentemente, de traseiro especial, foram inferiores ($P<0,05$) nos machos inteiros, em relação aos rendimentos observados nas fêmeas e nos machos castrados (Tabela 10).

O dimorfismo sexual em bovinos de corte pode ser caracterizado de forma bastante evidente pelo rendimento dos cortes comerciais da carcaça, uma vez que os machos inteiros, em virtude da produção mais acentuada de testosterona, apresentam o dianteiro mais avantajado que as fêmeas e os machos castrados (Restle et al., 2000). Conforme pôde ser constatado (Tabela 10), os machos inteiros apresentaram menor rendimento de traseiro e, conseqüentemente, maior participação do dianteiro na carcaça como um todo, evidenciando esse dimorfismo sexual. Junqueira et al. (1998) também detectaram que o rendimento do dianteiro nos machos inteiros foi superior que o observado nas fêmeas. Purchas (1991) destacou que um dos mais consistentes efeitos de classe sexual sobre a distribuição de músculos na carcaça é a maior proporção de músculos no pescoço (acém) e no ombro (paleta) nos machos inteiros em relação às fêmeas, sendo que a distribuição muscular dos machos castrados se encontra em posição intermediária ou mais semelhante à das fêmeas, o que foi observado nesse trabalho. Esse padrão de distribuição muscular na carcaça observado entre as diferentes classes sexuais é mais evidente à maturidade, ocorrendo a partir de maior formação de fibras musculares nos músculos do pescoço dos machos, antes mesmo do nascimento (Tan & Davies, 1980) e passa a ser mais pronunciado à medida em que a secreção de testosterona pelo macho inteiro se acentua.

O padrão de distribuição dos músculos na carcaça, mensurado a partir do rendimento dos cortes comerciais, tem implicações econômicas de grande importância para a indústria frigorífica, em decorrência da variação existente no preço pago pelo atacado entre o traseiro e o dianteiro. De acordo com a CONAB, o preço médio pago pelo atacado no dianteiro no ano de 2005 foi de R\$ 2,60, enquanto que o traseiro foi avaliado em R\$ 3,90. Como a grande maioria dos

frigoríficos brasileiros opera na chamada bica corrida, em que lotes de animais heterogêneos são abatidos sem qualquer tipo de separação prévia, o preço pago ao pecuarista é baseado exclusivamente no peso da carcaça. Nesse sentido, uma forma que o frigorífico pode obter maior renda líquida por carcaça produzida, é abatendo fêmeas jovens e machos castrados, que além de produzirem carcaças com melhor acabamento, produzem, proporcionalmente, quantidade superior de carne de maior valor de mercado, já que apresentam maior rendimento de traseiro em relação aos machos inteiros. Essa também é a justificativa que os frigoríficos se baseiam para aplicar deságios no preço da arroba de machos não-castrados.

De acordo com Luchiari Filho (2000), seria desejável que a carcaça bovina apresentasse, pelo menos, 45 a 50% de traseiro especial, 38 a 43% de dianteiro (5 costelas), 12 a 16% de ponta de agulha e o mínimo de 2-3 mm de espessura de gordura, como forma de preservação da carcaça ao resfriamento. Levando-se em consideração esses padrões, as carcaças obtidas, independentemente da classe sexual e do nível de oferta de concentrado, poderiam ser enquadradas como sendo de boa qualidade, mesmo os machos inteiros, já que apresentaram rendimento de traseiro especial acima do mínimo recomendado de 45% e produziram carcaças com acabamento satisfatório, ou seja, acima do valor mínimo requerido pela indústria frigorífica (3 mm).

Junqueira et al. (1998) observaram que as carcaças de fêmeas bovinas jovens tiveram o mesmo rendimento de traseiro especial que carcaças de machos inteiros. No presente estudo, a participação do traseiro especial na carcaça das fêmeas foi superior à dos machos inteiros ($P < 0,05$) e semelhante à dos castrados.

Conclusões

As digestibilidades da matéria seca e dos demais nutrientes dietéticos, com exceção do EE, não são afetadas pela classe sexual em bovinos Nelore.

Fêmeas jovens apresentam capacidade de consumo superior aos machos.

Bovinos Nelore alimentados com níveis altos de oferta de concentrado (1,2% do PV) não respondem em crescimento em relação a níveis mais moderados de oferta de concentrado (0,6% do PV).

A interação classe sexual x nível de oferta de concentrado não é importante para as principais características de desempenho, consumo, digestibilidade, crescimento e composição corporal e da carcaça de bovinos Nelore.

Machos inteiros apresentam crescimento mais acelerado, depositam proteína de forma mais pronunciada na carcaça e no corpo vazio e produzem carcaças mais magras que machos castrados e fêmeas.

Machos inteiros apresentam dianteiro mais pronunciado que machos castrados e fêmeas, fazendo com que produzam, proporcionalmente, menor quantidade de cortes de maior valor de mercado, localizados no traseiro especial.

Literatura Citada

- AGRICULTURAL RESEARCH COUNCIL - ARC. **The nutrient requirements of ruminants livestock**. London: CAB, 1980. 351p.
- ANUÁRIO DBO 2006. **Os destaques do brasil pecuário – produção, preços, exportação, leilões, sanidade**. São Paulo: DBO Editores Associados Ltda., 2006. n.304, 84p.
- BALDWIN, R.L. **Modeling ruminant digestion and metabolism**. London: Chapman and Hall, 1995. 592p.
- BERG, R.T.; BUTTERFIELD, R.M. **New concepts of cattle growth**. 1.ed. Sydney: Sydney University Press, 1976. 240p.
- BODINE, T.N.; PURVIS II, H.T.; LALMAN, D.L. Effects of supplement type on animal performance, forage intake, digestion, and ruminal measurements of growing beef cattle. **Journal of Animal Science**, v.79, n.4, p.1041-1051, 2001.
- COCHRAN, R.C.; ADAMS, D.C.; WALLACE, J.D. et al. Predicting digestibility of different diets with internal markers: evaluation of four potential markers. **Journal of Animal Science**, v.63, n.5, p.1476-1483, 1986.
- COLBURN, M.W.; EVANS, J.L. Reference base, W^b , of growing steers determined by relating forage intake to body weight. **Journal of Dairy Science**, v.51, p.1073-1079, 1968.
- FELÍCIO, P.E. Classificação e tipificação de carcaças bovinas. In: SIMPÓSIO GOIANO SOBRE MANEJO E NUTRIÇÃO DE BOVINOS DE CORTE E LEITE, 7., 2005, Goiânia. **Anais...** Goiânia: Colégio Brasileiro de Nutrição Animal, 2005. p.11-24.
- FIELD, R.A. Effect of castration on meat quality and quantity. **Journal of Animal Science**, v.32, n.3, p.849-854, 1971.
- FLETCHER, J.M.; LOBLEY, G.E.; CONNELL, G.E. Effects on growth and body composition of androgen deprivation by castration or autoimmunization to LH-releasing hormone in the male rat under conditions of controlled food intake. **Endocrinology**, v.110, p.97-102, 1986.
- FORTIN, A.; SIMPFENDORFER, S.; REID, J.T. et al. Effect of level of energy intake and influence of breed and sex on the chemical composition of cattle. **Journal of Animal Science**, v.51, n.3, p.604-614, 1980.
- FOX, D.G.; SNIFFEN, C.J.; VAN SOEST, P.J. A net protein system for cattle. In: GEORGIA NUTRITION CONFERENCE, 1984, Atlanta. **Proceedings...** Atlanta: University of Georgia, 1984. p.1-20.
- GOLL, D.E.; KLEESE, W.C.; SZPACENKO, Skeletal muscle proteases and protein turnover. In: CAMPION, D.R.; HAUSMAN, G.J.; MARTIN, R.J. (Eds.) **Animal growth regulation**. New York: Plenum Publishing, 1989. p.141-182.
- HALL, M.B. **Calculation of non-structural carbohydrate content of feeds that contain non-protein nitrogen**. Gainesville: University of Florida, 2000. p.A-25 (Bulletin, 339).

- INGVARTSEN, K.L.; ANDERSEN, H.R.; FOLDAGER, J. Effect of sex and pregnancy on feed intake capacity of growing cattle. **Acta Agriculture Scandinavia**, v.42, p.40-46, 1992.
- ÍTAVO, L.C.V.; VALADARES FILHO, S.C.; SILVA, F.F. et al. Consumo e digestibilidades aparentes totais e parciais de nutrientes em novilhos alimentados com dietas contendo vários níveis de concentrado. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.3, p.1543-1552, 2002.
- JESSE, G.W.; THOMPSON, G.B.; CLARK, J.L. et al. Effects of ration energy and slaughter weight on composition of empty body and carcass gain of beef cattle. **Journal of Animal Science**, v.43, p.418-425, 1976.
- JUNQUEIRA, J.O.B.; VELLOSO, L.; FELÍCIO, P.E. Desempenho, rendimentos de carcaça e cortes de animais, machos e fêmeas, mestiços Marchigiana x Nelore, terminados em confinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.27, n.6, p.1199-1205, 1998.
- KLOSTERMAN, E.W.; PARKER, C.F. Effect of size, breed and sex upon efficiency in beef cattle. **Ohio Research Bulletin**, v.1088, 1976. 26p.
- KOOHMARAIE, M. The role of Ca^{2+} - dependent proteases (calpains) in *post mortem* proteolysis and meat tenderness. **Biochimie**, v.74, n.3, p.239-245, 1992.
- LOBLEY, G.E.; CONNELL, A.; MILNE, E. Muscle protein synthesis in response to testosterone administration in wether lambs. **British Journal of Nutrition**, v.64, p.691-704, 1990.
- LUCHIARI FILHO, A. **A pecuária da carne bovina**. 1.ed. São Paulo: Albino Luchiar Filho, 2000. 134p.
- MARION, W.F.; DIKERMAN, M.E.; DAYTON, A.D. Performance and composition of steers and heifers of two biological types related to net energy for production efficiency. **Journal of Animal Science**, v.51, n.4, p.882-891, 1980.
- MARTINEZ, J.A.; BUTTERRY, P.J.; PEARSON, J.T. The mode of action of anabolic agents: the effect of testosterone on muscle protein metabolism in the female rat.
- MINITAB. **Minitab Reference Manual**. Release 10 for Windows. Minitab Statistical Software. State College: 1994.
- MORGAN, J.B.; WHEELER, T.L.; KOOHMARAIE, M. et al. Effect of castration on myofibrillar protein turnover, endogenous proteinase activities, and muscle growth in bovine skeletal muscle. **Journal of Animal Science**, v.71, n.2, p.408-414, 1993.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of beef cattle**. 7. rev. ed. National Academic Press. Washington, D.C.: 2000. 242p.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of dairy cattle**. 7. ed. National Academic Press. Washington, D.C.: 2001. 381p.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Predicting feed intake of food-producing animals**. 7. rev. ed. National Academic Press. Washington, D.C.: 1987. 85p.

- NKRUMAH, J.D.; LI, C.; YU, J. et al. Polymorphisms in the bovine leptin promoter associated with serum leptin concentration, growth, feed intake, feeding behaviour, and measures of carcass merit. **Journal of Animal Science**, v.83, n.1, p.20-28, 2005.
- PADUA, J.T.; MAGNABOSCO, C.U.; SAINZ, R.D. et al. Genótipo e condição sexual no desempenho e nas características de carcaça de bovinos de corte superjovens. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.6, p.2330-2342, 2004 (supl. 3).
- PEREIRA, D.H.; PEREIRA, O.G.; VALADARES FILHO, S.C. et al. Consumo, digestibilidade dos nutrientes e desempenho de bovinos de corte recebendo silagem de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) e diferentes proporções de concentrado. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.1, p.282-291, 2006.
- POLAQUINI, L.E.M.; SOUZA, J.G.; GEBARA, J.J. Transformações técnico-produtivas e comerciais na pecuária de corte brasileira a partir da década de 90. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.1, p.321-327, 2006.
- PURCHAS, R.W.; BURNHAM, D.L.; MORRIS, S.T. Effects of growth potential and growth path on tenderness of beef longissimus muscle from bulls and steers. **Journal of Animal Science**, v.80, p.3211-3221, 2002.
- PURCHAS, R.W. Effect of sex and castration on growth and composition. In: PEARSON, A.M.; DUTSON, T.R. (Eds.). **Growth regulation in farm animals – advances in meat research**. 1.ed. London, 1991. p.203-254.
- PUTRINO, S.M.; LEME, P.R.; SILVA, S.L. et al. Exigências líquidas de proteína e energia para ganho de peso de novilhos Nelore alimentados com dietas contendo grão úmido e gordura protegida. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.1, p.301-308, 2006.
- REID, J.T.; BENSADOUN, L.S.; BULL, J.H. et al. Some peculiarities in the body composition of animals: interspecific, sex, age and the influence of nutrition. In: **Body composition in animals and man**. 1.ed. Washington, 1972. p.19-44.
- RESTLE, J.; VAZ, F.N.; FEIJÓ, G.L.D. et al. Características de carcaça de bovinos de corte inteiros ou castrados de diferentes composições raciais Charolês x Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.5, p.1371-1379, 2000.
- SAINZ, R.D.; BENTLEY, B.E. Visceral organ mass and cellularity in growth-restricted and refed beef steers. **Journal of Animal Science**, v.75, p.1229-1236, 1997.
- SAINZ, R.D.; HASTING, E. Simulation of the development of adipose tissue in beef cattle. In: McNAMARA, J.P.; FRANCE, J.; BEEVER, D.E. (Eds.). **Modelling nutrient utilization in farm animals**. 1.ed. New York: CAB International, 2000. p.175-182.
- STATISTICAL ANALYSES SYSTEM - SAS. **SAS/STAT® user's guide**. Version 6, 4.ed. Cary: 1989.
- SEIDEMAN, S.C.; CROSS, H.R.; OLTJEN, R.R. et al. Utilization of the intact male for red meat production: a review. **Journal of Animal Science**, v.55, n.4, p.826-840, 1982.

- SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos** (Métodos químicos e biológicos). 3.ed. Viçosa: Editora UFV, 2002. 235p.
- SILVA, F.F.; VALADARES FILHO, S.C.; ÍTAVO, L.C.V. et al. Consumo, desempenho, características de carcaça e biometria do trato gastrintestinal e dos órgãos internos de novilhos Nelore recebendo dietas com diferentes níveis de concentrado e proteína. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.4, p.1849-1864, 2002.
- SILVA, S.L.; TITTO, E.A.L.; LEME, P.R. et al. Days on feed and sex effects on live weight and carcass traits measured by ultrasound. **Scientia Agricola**, v.62, n.5, p.423-426, 2005.
- SPRINKLE, J.E.; FERRELL, C.L.; HOLLOWAY, J.W. et al. Adipose tissue partitioning of limit-fed beef cattle and beef cattle with ad libitum access to feed differing in adaptation to heat. **Journal of Animal Science**, v.76, n.3, p.665-673, 1998.
- TAN, G.Y.; DAVIES, A.S. Growth of muscle in male and female cattle. **Journal of Anatomy**, v.130, p.204-212, 1980.
- TURTON, J.D. Castration and animal productivity. In: RECHCIGL, M. (Ed.). **Handbook of animal productivity**. 2.ed. Boca Raton, 1982: p.213-262.
- VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2ed. Ithaca: Cornell University Press – Cornell University, 1994. 476p.
- VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B. Systems of analysis for evaluating fibrous feeds. In: PIGDEN, W.J.; BALCH, C.C.; GRAHAM, M. (Eds.) **Standardization of analytical methodology for feeds**. 1.ed. Ottawa: International Development Research Centre, 1980. p.49.
- VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B.; LEWIS, B.A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Animal Science**, v.74, n.10, p.3583-3597, 1991.

Exigências nutricionais de bovinos Nelore de diferentes classes sexuais.

I. Energia

Resumo - Visando determinar as exigências energéticas para manutenção e ganho de peso de bovinos Nelore de diferentes classes sexuais, realizou-se um experimento envolvendo 47 animais, sendo 16 machos inteiros, 15 machos castrados e 16 fêmeas. Quatro animais de classe sexual foram aleatoriamente designados ao grupo referência (três animais no caso dos machos castrados), abatido ao início do experimento, e a três níveis de oferta de alimento: manutenção e *ad libitum* com oferta de concentrado de 0,6 ou 1,2% do PV. Os animais foram alimentados individualmente durante 112 dias, sendo abatidos ao final, e tendo suas respectivas composições corporais determinadas diretamente. As exigências líquidas de energia para manutenção (EL_m) foram estimadas como sendo o antilog do intercepto da equação de regressão entre o log da produção de calor e o consumo de energia metabolizável (CEM), enquanto que as exigências de energia metabolizável (EM_m) foram estimadas a partir da regressão linear da ER em função do CEM. As exigências de energia líquida para manutenção não foram diferentes entre as três classes sexuais, apresentando valor de $75,92 \text{ Mcal/kg PCVZ}^{0,75}$, enquanto que as exigências de energia metabolizável foram de $108,81 \text{ Mcal/kg PCVZ}^{0,75}$. As exigências líquidas de energia para ganho de peso aumentaram com o aumento do peso vivo dos animais, sendo superiores para os machos castrados e as fêmeas em relação aos machos inteiros. Para animais com peso vivo de 400 kg, as exigências líquidas de energia para ganho de peso de corpo vazio foram de 4,16; 5,34 e 5,02 Mcal, respectivamente, para os machos inteiros, os machos castrados e as fêmeas. As equações obtidas para estimativa da energia retida foram: $ER = 0,0515 \text{ PCVZ}^{0,75} * \text{GPCVZ}^{0,9384}$ (machos inteiros); $ER = 0,0696 \text{ PCVZ}^{0,75} * \text{GPCVZ}^{0,9250}$ (machos castrados) e $ER = 0,0731 \text{ PCVZ}^{0,75} * \text{GPCVZ}^{1,0175}$ (fêmeas). A eficiência de uso da energia metabolizável para manutenção obtida foi de 72%, enquanto que as eficiências de uso para ganho de peso variaram de 45 a 49%. As eficiências parciais de uso da energia metabolizável para síntese de proteína e gordura foram de 27,2 e 79,1%, respectivamente.

Palavras-chave: bovinos de corte, eficiência de uso de energia, energia metabolizável, manutenção

Nutritional requirements of Nellore bulls, steers and heifers. I. Energy

Abstract - The aim of this work was to determine the energy requirements for maintenance and gain of Nellore bulls, steers and heifers. Forty seven animals were used (16 bulls, 15 steers and 16 heifers). Four animals of each sexual class were randomly assigned to the reference group (3 steers), being slaughtered at the beginning of the trial, and to 3 planes of nutrition: maintenance and *ad libitum* with concentrate allowance levels corresponding to 0.6 or 1.2% of the BW. The animals were individually fed during 112 days, being slaughtered at the end of the trial, when they had their body composition directly determined. The net energy requirement for maintenance (NEm) was estimated by the antilog of the intercept of the regression equation of the log of heat production on metabolizable energy intake (MEI), whereas the metabolizable energy requirement was estimated by the linear regression of MEI on RE. The NEm did not differ between sexual classes, presenting a common value of 75.92 Mcal/kg EBW^{0.75}, whereas the MEm was 108.81 Mcal/kg EBW^{0.75}. The net energy requirements for gain increased as the body weight of the animals increased, being greater for the steers and heifers, in comparison with the bulls. For animals weighing 400 kg, the net energy requirements for gain of 1 kg of empty body, were 4.16; 5.34 and 5.02 Mcal, respectively for the bulls, steers and heifers. The equations obtained for the estimation of the retained energy were: RE = 0.0515 EBW^{0.75} * EBWG^{0.9384} (bulls); RE = 0.0696 EBW^{0.75} * EBWG^{0.9250} (steers) and RE = 0.0731 EBW^{0.75} * EBWG^{1.0175} (heifers). The efficiency of metabolizable energy utilization for maintenance was 72%, while the efficiency of ME utilization for gain ranged from 45 to 49%. The partial efficiency of ME utilization for protein and fat gain were 27.2 and 79.1%, respectively.

Key Words: beef cattle; efficiency of energy utilization, metabolizable energy, maintenance

Introdução

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

As exigências de energia de bovinos de corte são, quantitativamente, as mais importantes. O sistema de energia líquida, desenvolvido por Lofgreen & Garrett (1968) é a base do NRC (2000), modelo mundialmente adotado para formulação de dietas de bovinos de corte, inclusive no Brasil (Tedeschi et al., 2002). De acordo com esse sistema, as exigências totais de energia são divididas em exigências líquidas de energia para manutenção e ganho de peso. As exigências de energia para manutenção apresentam-se como de grande importância para os sistemas de produção de carne de ciclo completo, em que as matrizes compõem grande parte do rebanho, visto que cerca de 70 a 75% da energia metabolizável necessária para produção de carne são utilizadas para atender às exigências de energia relacionadas à manutenção do peso corporal do par vaca-bezerro (Ferrell & Jenkins, 1985a). Como o rebanho de cria consome por volta de 65-85% da energia total requerida pelo sistema de produção de carne como um todo (Caton et al., 2000; Johnston, 2003), mais de 50% da energia usada para a produção é utilizada somente para a manutenção das vacas. Já as exigências líquidas de energia para ganho de peso estão diretamente associadas às variações na composição corporal dos animais e representam a quantidade de energia retida no corpo.

De acordo com o NRC (2000), vários fatores afetam as exigências de energia dos bovinos de corte, dentre estes o grupo genético e o sexo. Segundo esse sistema, animais zebuínos (*Bos indicus*) requerem cerca de 10% menos energia para manutenção em relação aos *Bos taurus*, e machos inteiros demandam 15% mais que machos castrados e fêmeas de mesmo genótipo, que, por sua vez, apresentam metabolismo basal idêntico. Têm-se demonstrado que existe variação individual (Johnson et al., 2003) e entre genótipos diferentes de bovinos quanto aos

requerimentos de manutenção, que podem variar de 20 a 30%, devido a diferenças genéticas (Shuey et al., 1993), sendo essa variação moderadamente herdável (Carstens et al., 1988), e, inclusive utilizada como critério de seleção de matrizes mais eficientes (Kelley, 2006).

Os sistemas australiano (CSIRO, 1990) e britânico (ARC, 1980) também consideram o fator de 15% para corrigir as exigências de manutenção de machos inteiros em relação aos castrados e as fêmeas.

Em relação às exigências líquidas de ganho, o NRC (2000) tomou como base um novilho, com 28% de gordura corporal e peso de 478 kg, para o cálculo das exigências e considera que fêmeas e machos inteiros requerem 18% a mais e a menos, respectivamente, de energia líquida para ganho.

Entretanto, quando se investiga a literatura, verifica-se que as diferenças entre as classes sexuais quanto às exigências de energia são variáveis. Ferrell & Jenkins (1985b) verificaram que as exigências líquidas de manutenção entre touros e novilhas da raça Hereford foram semelhantes, enquanto que touros Simental apresentaram valores 9% superiores em relação às fêmeas. Tedeschi et al. (2002) não detectaram diferenças nas exigências líquidas de energia para manutenção entre machos Nelore inteiros e castrados.

Em relação às diferenças entre animais zebuínos e taurinos quanto às exigências de energia para manutenção, compilações recentes realizadas por Sainz et al. (2004) e Valadares Filho et al. (2005b) identificaram que animais Nelore, machos inteiros, requerem cerca de 14-17% menos energia líquida para manutenção que animais taurinos. Tedeschi et al. (2002), por outro lado, também trabalhando com bovinos Nelore, concluíram que não houve diferença entre grupamentos *Bos indicus* e *Bos taurus* em relação às exigências de manutenção.

A quantificação das exigências nutricionais de bovinos de corte no Brasil vem sendo realizada desde a década de 80, com número razoável de informações geradas nas últimas três décadas, porém com grande predomínio dos trabalhos envolvendo a utilização de machos inteiros (Valadares Filho et al., 2005a). Poucos são os trabalhos que procuraram estimar as exigências de bovinos Nelore castrados (Lana et al., 1992; Boin, 1995; Paulino et al., 2004), sendo que para fêmeas, os dados disponíveis são ainda mais reduzidos, com muito poucos trabalhos desenvolvidos (Borges, 2000; Calegare, 2004; Rabelo, 2004). Além disso, somente Tedeschi et al. (2002) procuraram avaliar possíveis

diferenças nas exigências de energia entre machos castrados e inteiros da raça Nelore, embora os animais não tenham sido submetidos às mesmas condições experimentais.

Desta forma, torna-se necessário obter dados referentes ao metabolismo energético de bovinos de corte no Brasil, utilizando-se diferentes classes sexuais, sob as mesmas condições, no sentido de validar os valores de correção praticados pelo NRC (2000) nas exigências de energia para manutenção e ganho de peso em função do sexo dos animais, bem como indentificar possíveis diferenças entre as classes sexuais quanto à eficiência de utilização da energia metabolizável para manutenção e ganho de peso e para ganho de proteína e gordura corporais. Sob esses objetivos, portanto, foi que o presente trabalho foi realizado

Material e Métodos

O experimento foi realizado no confinamento experimental do Laboratório Animal do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa entre os meses de outubro de 2004 a janeiro de 2005.

Foram utilizados 47 animais, sendo 16 machos inteiros, 15 machos castrados e 16 fêmeas. Os animais provieram de um mesmo rebanho comercial e foram utilizados em experimento prévio (Paulino et al., 2006), no qual foram alimentados com uma mesma dieta (11,80% de PB e 56,90% de NDT) durante 77 dias. Imediatamente após o término desse, 11 animais (4 machos inteiros, 3 machos castrados e 4 fêmeas) foram abatidos, de forma a comporem o grupo referência, que foi utilizado para estimação da composição inicial do corpo vazio dos demais animais. O abate foi realizado após jejum de 16 horas.

Os animais remanescentes permaneceram alojados no confinamento experimental, em baias individuais, com dimensões de 1,8 m de largura por 18,8 m de comprimento, totalizando 33,84 m². Desse total, 11,88 m² (1,8 x 6,6 m) eram de piso de concreto e cobertos com telha de amianto. Cada baia era provida de comedouro (1,6 m) e bebedouro de concreto.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, em esquema fatorial 3x2, respectivamente três classes sexuais (machos inteiros, machos castrados e fêmeas) e dois níveis de oferta de concentrado (0,6 e 1,2%

do pevo vivo), constituindo, portanto, 6 tratamentos. Além desses tratamentos, quatro animais de cada classe sexual foram aleatoriamente destinados ao grupo manutenção, em que foram alimentados com a dieta com oferta de 0,6% do PV em concentrado, porém com quantidade fornecida limitada a 1,0-1,2% do peso vivo.

Ao início do experimento os animais estavam com idade média de 24 meses e apresentando pesos vivos médios de $342,6 \pm 3,8$; $322,2 \pm 5,7$ e $296,9 \pm 4,2$ kg, respectivamente, para os machos inteiros, machos castrados e fêmeas.

Os animais foram adaptados às dietas experimentais durante 1 semana. As dietas experimentais foram formuladas de forma a serem isoprotéicas, utilizando-se silagem de milho como volumoso. Os concentrados experimentais foram formulados a partir de fubá de milho, farelo de algodão 42%, uréia:sulfato de amônio (9:1), calcáreo calcítico, cloreto de sódio (sal branco) e mistura mineral comercial. A composição dos concentrados experimentais está apresentada na Tabela 1.

Tabela 1 - Composição dos concentrados experimentais, na base da matéria natural, em função dos níveis de oferta de concentrado

| Ingrediente (%) | Níveis de oferta de concentrado (% do PV) | |
|------------------------------|---|------|
| | 0,6 | 1,2 |
| Fubá de milho | 58,9 | 83,2 |
| Farelo de algodão 42% | 33,9 | 13,2 |
| Uréia/sulfato de amônio | 3,0 | 1,50 |
| Sulfato de amônio | 0,3 | 0,15 |
| Calcáreo calcítico | 2,0 | 1,0 |
| Cloreto de sódio | 1,1 | 0,55 |
| Mistura mineral ¹ | 1,1 | 0,55 |

¹ Composição da mistura mineral, por kg do produto: cálcio, 240g; fósforo, 174 g; cobalto, 100 mg; cobre, 1.250 mg; ferro, 1795mg; flúor (máx), 1.740 mg; iodo, 90 mg; manganês, 2.000 mg; zinco, 5.270 mg; selênio, 15 mg; veículo q.s.p., 1000 g.

O experimento teve duração de 112 dias, sendo subdivido em quatro períodos experimentais de 28 dias cada. Os alimentos (volumoso + concentrado) foram fornecidos duas vezes ao dia (6h30 e 15h30), com cerca de 60% da quantidade diária fornecida de manhã e os 40% restantes na parte da tarde. A quantidade de concentrado fornecida foi ajustada a cada 28 dias, quando os

animais eram pesados, sendo todas as pesagens realizadas após jejum de 16 horas.

As sobras foram coletadas diariamente, pesadas e amostradas, por animal, sendo acondicionadas em sacos plásticos devidamente identificados. Foram mantidas em freezer a -20°C e, após cada semana, foram descongeladas e homogeneizadas, retirando-se sub-amostra, a qual foi pesada, pré-seca em estufa de ventilação forçada a 65°C por 72 horas, moída em moinho com peneira de 1 mm e acondicionada em recipiente plástico identificado por animal. Amostras de 4 semanas consecutivas, já moídas, foram utilizadas para obtenção de uma amostra composta de sobras, com base no peso seco ao ar, por animal, por período de 28 dias. Nesse sentido, para cada animal obteve-se 4 amostras compostas de sobras, que foram armazenadas em local fresco e arejado para posteriores análises laboratoriais.

Amostras da silagem de milho também foram obtidas diariamente, compostas por semana, pré-secas, moídas e armazenadas. Desta forma, o volumoso utilizado foi analisado semanalmente. Os ingredientes dos concentrados (milho e farelo de algodão) foram coletados a cada partida, totalizando três amostras de cada ingrediente ao longo do experimento.

Ensaio de digestibilidade foram realizados em cada período experimental, sempre em seu terço médio, ou seja, ao final da segunda semana de cada período de 28 dias. Durante os ensaios, foram coletadas amostras de fezes de cada animal em dois dias consecutivos, diretamente no piso das baias e imediatamente após a defecação. No primeiro dia, as fezes foram coletadas no período da manhã e no dia subsequente no período da tarde. As amostras de fezes foram acondicionadas em pratos de alumínio e levadas à estufa de ventilação forçada a 65°C , durante 72 horas. Depois de secas, foram moídas em moinho com peneira de 1 mm e, em seguida, acondicionadas em recipientes de plástico. Para cada animal, e por período, foram obtidas duas amostras de fezes (manhã e tarde), que foram proporcionalmente homogeneizadas, depois de secas e moídas, compondo amostra composta. Desta forma, ao longo de todo o período experimental obtiveram-se quatro amostras compostas de fezes para cada animal.

A excreção fecal foi estimada a partir da técnica do indicador interno, conforme Cochran et al. (1986), utilizando a fibra em detergente ácido indigestível

(FDA_i). Os teores de FDA_i nas amostras de fezes, sobras e dos alimentos fornecidos (silagem de milho e concentrados) foram obtidos como sendo o resíduo resultante após tratamento das amostras - incubadas *in situ* por um período de 144 horas – com detergente ácido (FDA). As digestibilidades da matéria seca, da matéria orgânica, bem como de todos os demais nutrientes analisados (PB, EE, CNF e FDN), foram obtidas a partir da seguinte fórmula:

$$\text{Digestibilidade } i = \frac{(\text{Quantidade ingerida } i - \text{Quantidade excretada } i)}{\text{Quantidade ingerida } i} \times 100,$$

sendo *i* o constituinte analisados (MS, MO, PB, EE, CNF ou FDN)

Como foram realizados quatro ensaios de digestibilidade ao longo do experimento, utilizou-se a média das digestibilidades dos nutrientes para fins de cálculo das concentrações energéticas das dietas.

As amostras da silagem de milho, do fubá de milho e do farelo de algodão, das sobras e das fezes foram analisadas em laboratório quanto aos seus teores de matéria seca (MS), matéria mineral (MM), nitrogênio total e extrato etéreo (EE), seguindo as recomendações de Silva & Queiroz (2002). A matéria orgânica foi obtida como sendo 100 – MM, e o teor de proteína bruta (PB) a partir do produto do N total e o fator 6,25. Os teores de fibra em detergente neutro (FDN) e nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN) foram obtidos de acordo com os protocolos descritos por Van Soest et al. (1991) e Licitra et al. (1996). A fibra em detergente ácido, o nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA) e a lignina (LIG) (ácido sulfúrico 72%) foram obtidos segundo recomendações de Van Soest & Robertson (1980) e Licitra et al. (1996). Utilizou-se o sistema ANKOM para as avaliações de FDN e FDA, com modificação do saquinho utilizado (5,0 x 5,0 cm, porosidade de 100 µm), que foi confeccionado utilizando-se tecido TNT (100 g/m²). Alpha-amilase estável ao calor foi empregada nas análises de FDN, cujas amostras dos alimentos, das sobras e das fezes, não foram corrigidas para cinzas.

Os carboidratos não fibrosos (CNF) foram calculados de acordo com o NRC (2001), como: CNF (%) = 100 – (% PB + % EE + % cinzas + (%FDN – %PIDN)). Para os concentrados, em virtude da presença de uréia em suas constituições, o

teor de CNF foi calculado como proposto por Hall (2000), sendo $CNF = 100 - ((\%PB - \%PB \text{ derivada da uréia} + \% \text{ da uréia}) + \%FDNp + \%EE + \%cinzas)$.

A densidade energética das dietas experimentais, expressa em termos de nutrientes digestíveis totais, foi determinada a partir da fórmula recomendada pelo NRC (2001): $NDT (\%) = PBD + 2,25 \times EED + CNFD + FDNpD$, sendo que PBD, EED, CNFD e FDNpD significam, respectivamente, proteína bruta digestível, extrato etéreo digestível, carboidratos não-fibrosos digestíveis e fibra em detergente neutro (isenta de proteína) digestível. A concentração de energia digestível (ED) das dietas foi obtida por intermédio da equação proposta pelo NRC (2001): $ED (\text{Mcal/kg MS}) = 5,6 \times PBD + 9,4 \times EED + 4,2 \times FDNpD + 4,2 \times CNFD$. Já as concentrações de energia metabolizável (EM) foram consideradas como sendo 82% da ED (NRC, 2000).

A composição química da silagem de milho, dos ingredientes dos concentrados e das dietas experimentais está apresentada na Tabela 2.

Tabela 2 - Composição química da silagem de milho, do fubá de milho, do farelo de algodão e das dietas experimentais, expressos na base da matéria seca

| Item | Silagem de milho | Fubá de milho | Farelo de algodão | D1 – 0,6% | D2 – 1,2% |
|--------------------|------------------|---------------|-------------------|-----------|-----------|
| MS, % | 24,34 | 87,13 | 87,02 | 40,25 | 55,95 |
| MO, % MS | 94,46 | 98,88 | 93,52 | 94,44 | 94,80 |
| MM, % MS | 5,54 | 1,12 | 6,48 | 5,56 | 5,20 |
| PB, % MS | 6,17 | 9,07 | 46,87 | 12,06 | 12,10 |
| NIDN, % N total | 21,70 | 9,95 | 3,41 | 18,02 | 15,20 |
| NIDA, % do N total | 8,87 | 3,82 | 2,11 | 7,39 | 6,16 |
| EE, % MS | 2,77 | 3,32 | 2,80 | 2,80 | 2,95 |
| FDN, % MS | 60,87 | 12,43 | 31,94 | 50,15 | 37,68 |
| FDNp, % MS | 59,16 | 11,53 | 30,35 | 48,60 | 36,35 |
| CNF, % MS | 26,08 | 75,08 | 13,51 | 32,11 | 44,61 |
| FDA, % MS | 37,49 | 3,57 | 25,23 | 30,76 | 21,88 |
| LIG, % MS | 5,05 | 0,76 | 9,41 | 4,69 | 3,46 |
| NDT, % | - | - | - | 62,41 | 67,91 |
| ED, Mcal/kg MS | - | - | - | 2,72 | 2,95 |
| EM, Mcal/kg MS | - | - | - | 2,23 | 2,42 |

D1 – 0,6% - Dieta composta por aproximadamente 75% de silagem de milho e 25% de concentrado ou 0,6% do PV em concentrado, na base da matéria seca total.

D2 – 1,2% - Dieta composta aproximadamente por 50 % de silagem de milho e 50% de concentrado ou 1,2% do PV em concentrado, na base da matéria seca total.

Todos os animais, exceto os referências, foram abatidos ao término do experimento. No entanto, em virtude de limitações físicas do abatedouro da Universidade Federal de Viçosa, onde as carcaças foram armazenadas, foi possível abater somente seis animais em cada dia de abate. Como as avaliações das carcaças foram realizadas um dia após o abate, foram necessários 6 dias alternados para que todos os animais fossem abatidos. Todos os animais foram pesados, após jejum de sólidos de 16 horas, e abatidos em seguida, por concussão cerebral, seguida de secção da veia jugular. O sangue foi recolhido em recipiente plástico, pesado e amostrado. Todas as partes constituintes do corpo animal [cabeça, patas, cauda, couro, aparelho gastrintestinal (rúmen, retículo, omaso, abomaso, intestino delgado, intestino grosso), órgãos internos (pulmões, rins, coração, baço, fígado), gordura interna, mesentério, língua, diafragma, aparas (esôfago, traquéia, laringe, aparelho reprodutivo), e meia-carcaças esquerda e direita foram pesados, sendo que o trato gastrintestinal foi devidamente esvaziado e lavado previamente à sua pesagem. A carcaça foi dividida ao meio, resultando em duas meia-carcaças. Amostras de cada um desses constituintes, exceto da carcaça, foram tomadas imediatamente após sua pesagem, e acondicionadas em sacos plásticos devidamente identificados.

O peso de corpo vazio (PCVZ) de cada animal foi obtido pelo somatório de todas as partes constituintes do corpo descritas acima, mais o sangue. Para obtenção do peso de corpo vazio inicial dos animais que permaneceram no experimento, utilizou-se a relação PCVZ/PV obtida nos animais referências, dentro de cada classe sexual. A composição da carcaça e do corpo vazio como um todo obtida nos animais referências foi utilizada para obter as composições iniciais dos demais animais, sempre dentro de cada classe sexual separadamente.

Ao término de cada abate, as carcaças foram transportadas para o abatedouro da Universidade Federal de Viçosa e resfriadas a 0°C por um período de 18 a 24 horas. As amostras do aparelho gastro-intestinal, dos órgãos internos, da língua, das aparas, do mesentério, da gordura interna e do diafragma, foram proporcionalmente pesadas e agrupadas, compondo uma amostra composta - denominada de órgãos + vísceras -, que foi, em seguida, moída. O sangue amostrado foi transferido para recipientes plásticos, pesado, e levado a estufa de ventilação forçada a 65°C, para secagem. Depois de seco, foi novamente pesado e moído em moinho de bola, sendo acondicionado em recipientes plásticos, para

posteriores determinações dos seus teores de matéria seca, extrato etéreo, proteína bruta e matéria mineral.

Dentro de cada tratamento, foi escolhido um animal, aleatoriamente, do qual reteve-se a cabeça e dois membros (um anterior e um posterior). A cabeça foi dissecada em couro, tecido mole e osso e os membros em couro, tendões e ossos. O peso do couro obtido na dissecação da cabeça e dos membros foi adicionado ao couro retirado no momento do abate, obtendo-se, assim, o peso total do couro de cada animal. O tecido mole da cabeça e os tendões dos membros foram moídos, enquanto os ossos foram serrados, sendo todos amostrados e armazenados para posteriores análises laboratoriais. As composições física e química da cabeça e dos membros, obtidas nos animais sorteados, dentro de cada tratamento, foram utilizadas para a obtenção das composições dos demais animais pertencentes ao mesmo tratamento.

Transcorrido o resfriamento, as meia-carcaças direita dos animais foram dissecadas, quando houve separação dos tecidos adiposo, muscular e ósseo. Após a separação, os tecidos adiposo e muscular foram pesados e moídos separadamente. Após a moagem obteve-se, de forma proporcional, uma amostra composta, denominada de músculo + gordura da carcaça. Os ossos da carcaça foram subdivididos em três classes: ossos longos (representados pelos ossos dos membros anteriores e posteriores e da pelve), costelas e vértebras. Os ossos, dentro de cada classificação, foram pesados, serrados e amostrados separadamente. No momento do processamento das amostras da carcaça, os ossos foram pesados proporcionalmente e homogeneizados, constituindo uma amostra composta representativa da carcaça, denominada de amostra de ossos da carcaça.

As amostras dos ossos e a composta músculo + gordura foram armazenadas em freezer a -20°C para posteriores quantificações de seus teores de matéria seca, extrato etéreo e proteína.

As amostras (aproximadamente 200 g cada) de couro, cauda, tecido mole da cabeça, osso da cabeça, tendões, osso dos membros, órgãos + vísceras, músculo + gordura da carcaça e ossos da carcaça foram acondicionadas em vidros com capacidade aproximada de 500 mL, pesadas e levadas à estufa a 105°C , por um período de 48 a 96 horas, para quantificação de seu teor de matéria seca gordurosa (MSG).

Posteriormente, as amostras foram pesadas novamente, tiveram a gordura removida dos vidros e foram submetidas a lavagens sucessivas com éter de petróleo, com o intuito de se obter a matéria seca pré-desengordurada (MSPD). Em seguida, foram moídas em boincho de bola, acondicionadas em recipientes plásticos e devidamente armazenadas para posteriores determinações laboratoriais quanto aos seus teores de matéria seca, extrato etéreo e proteína. A gordura removida no pré-desengorduramento foi calculada pela diferença entre a MSG e a MSPD, cujo resultado foi adicionado aos obtidos para o extrato etéreo residual na MSPD, para determinação do teor total de gordura nas amostras.

As determinações de matéria seca, extrato etéreo e do nitrogênio total das amostras dos constituintes corporais foram realizadas de acordo com recomendações de Silva & Queiroz (2002), sendo o teor de proteína bruta obtido pelo produto entre o nitrogênio total e o fator 5,88, conforme sugerido por Baldwin (1995). A partir dos teores de proteína e extrato etéreo, obtidos nas amostras de todos os constituintes corporais, conforme descrito previamente, obteve-se o teor de extrato etéreo e proteína no corpo vazio dos animais. A partir da composição inicial, estimada pelos animais abatidos ao início do experimento, determinou-se a quantidade de proteína e extrato etéreo retidos no corpo, o que permitiu determinar a energia retida.

A estimativa da energia corporal foi obtida a partir dos teores corporais de proteína e extrato etéreo (denominado gordura a partir desse ponto) e seus respectivos equivalentes calóricos, conforme a equação preconizada pelo ARC (1980):

$$CE = 5,6405X + 9,3929Y,$$

em que: CE = conteúdo energético (Mcal); X = proteína corporal (kg); e Y = gordura corporal (kg).

Os conteúdos de gordura e energia retidos no corpo dos animais de cada classe sexual, e para todas as classes, em conjunto, foram estimados por meio de equações de regressão do logaritmo do conteúdo corporal de gordura e energia, respectivamente, em função do logaritmo do PCVZ, segundo o ARC (1980), conforme o seguinte modelo:

$$Y = a + bx + e,$$

em que: Y = logaritmo do conteúdo total de gordura (kg) ou energia (Mcal) retido no corpo vazio; a = constante; b = coeficiente de regressão do logaritmo do conteúdo de gordura ou energia, em função do logaritmo do PCVZ; X = logaritmo do PCVZ; e e = erro aleatório.

Derivando-se as equações de predição do conteúdo corporal de gordura ou energia, em função do logaritmo do PCVZ, foram obtidos os conteúdos de gordura, por kg de ganho de peso de corpo vazio (GPCVZ) e as exigências líquidas de energia, por kg de ganho de PCVZ, respectivamente, a partir de equação do tipo:

$$Y' = b \cdot 10^a \cdot X^{b-1}$$

em que: Y' = conteúdo de gordura no ganho, ou exigências líquidas de energia para ganho; a e b = intercepto e coeficiente de regressão, respectivamente, das equações de predição dos conteúdos corporais de gordura e das exigências líquidas de energia; e X = PCVZ (kg).

Para a conversão do PV em PCVZ, dentro do intervalo de pesos incluído no trabalho, calcularam-se as relações entre o PCVZ e o PV dos animais mantidos no experimento, dentro de cada classe sexual, que foram, então, utilizadas para conversão das exigências para ganho de PCVZ em exigências para ganho de PV.

Foram ajustadas equações de regressão entre a energia retida (ER, Mcal/dia) e o ganho diário de PCVZ (GPCVZ, kg/dia), para determinado PCVZ metabólico ($\text{kg}^{0,75}$), conforme preconizado pelo NRC (1984) como também a partir do método de modelos não lineares (Procedimento Proc nlin do SAS, 1989), utilizando-se algoritmo iterativo de Gauss-Newton. Segundo o método do NRC (1984), obtém-se uma equação de regressão entre o logaritmo da ER/kg PCVZ^{0,75} em função do logaritmo do ganho de peso de corpo vazio, segundo o modelo:

$$\text{Log (ER/PCVZ}^{0,75}) = b \times \text{log GPCVZ} + a.$$

A partir dessa equação, obtém-se a relação entre a ER em função do PCVZ metabólico e do GPCVZ, da seguinte forma:

$$\text{ER (Mcal/dia)} = 10^a \times \text{PCVZ}^{0,75} \times \text{GPCVZ}^b.$$

Assim, a equação final seria representada pelo modelo:

$$ER \text{ (Mcal/dia)} = c \times PCVZ^{0,75} \times GPCVZ^b.$$

Ao utilizar o modelo não-linear, construíram-se equações para cada classe sexual separadamente, testando-se a igualdade dos parâmetros c e a entre as diferentes classes sexuais de acordo com o procedimento recomendado por Regazzi (2003).

As exigências de energia metabolizável para manutenção foram estimadas a partir da relação entre a energia retida (ER, Mcal/kg PCVZ^{0,75}) e o consumo de energia metabolizável (CEM, Mcal/kg PCVZ^{0,75}), segundo o modelo:

$$ER \text{ (Mcal/kg PCVZ}^{0,75}) = \beta_1 \times CEM \text{ (Mcal/kg PCVZ}^{0,75}) + \beta_0,$$

em que β_1 representa a eficiência de uso da energia metabolizável para ganho de peso.

Igualando-se a ER a 0 na equação acima obteve-se o consumo de energia em que a retenção de energia é nula, representando, desta forma as exigências de energia metabolizável para manutenção (EM_m). Assim, a EM_m foi obtida pela razão entre os coeficientes β_0 e β_1 da equação acima (EM_m = β_0/β_1). Para obtenção dos parâmetros β_0 e β_1 da equação acima, utilizou-se o método da regressão ortogonal, conforme preconizado por Fuller (1987), uma vez que assumiu-se que existem erros associados às duas variáveis (ER e CEM). Os parâmetros da equação foram obtidos da seguinte forma:

$$\beta_0 = Y - \beta_1 X;$$

$$\beta_1 = (\sigma_y^2 - \sigma_x^2 + ((\sigma_y^2 - \sigma_x^2)^2 + 4\sigma_{xy}^2)^{0,5})/2\sigma_{xy},$$

sendo: X = média da variável independente (consumo de energia metabolizável); Y = média da variável dependente (energia retida); σ_x^2 = variância de X; σ_y^2 = variância de Y; σ_{xy} = covariância entre X e Y.

Foram construídas equações de ER em função do CEM separadamente para cada classe sexual, e os parâmetros β_0 e β_1 foram testados entre as classes sexuais, a partir do teste de identidade de modelos utilizando-se variável dummy para as classes sexuais (SAS, 1989). Nesse caso, os parâmetros foram estimados a partir do método dos quadrados mínimos.

As exigências de energia líquida para manutenção foram estimadas a partir do anti-log do intercepto da equação obtida pela regressão linear entre o logaritmo da produção de calor (PC, Mcal kg PCVZ^{0,75}) e o CEM (Mcal kg PCVZ^{0,75}) dos animais do grupo manutenção e daqueles pertencentes ao tratamento com 0,6% do

PV de oferta de concentrado na ração, segundo Lofgreen & Garrett (1968), como também entre todos os animais do experimento. Também foram estimadas pelo coeficiente “a” da equação de regressão não-linear entre a PC e o CEM, segundo Ferrell & Jenkins (1998 a,b). Mais uma vez, foram construídas equações separadas por classe sexual, sendo seus parâmetros testados a partir do teste de identidade de modelos utilizando-se variável dummy para as classes sexuais (SAS, 1989).

As concentrações de energia líquida das dietas foram calculadas segundo Harris (1970). O consumo de MS suficiente para manter o equilíbrio de energia foi calculado dividindo-se o consumo de EM suficiente para manutenção, obtido neste trabalho, pela concentração de EM (kcal/kg de MS) da dieta, em cada nível de oferta de concentrado.

A concentração de energia líquida de cada dieta para manutenção (ELm) foi obtida dividindo-se a produção de calor em jejum obtido, pelo consumo de MS para manter o equilíbrio de energia, expresso em g de MS/PCVZ^{0,75}, enquanto o consumo de MS acima das necessidades de manutenção foi obtido subtraindo-se do consumo total de MS (g de MS/PCVZ^{0,75}) o consumo de MS suficiente para o equilíbrio de energia (g de MS/PCVZ^{0,75}), para cada dieta. A concentração de ELg foi calculada dividindo-se a energia retida por dia, em kcal/PCVZ^{0,75}, pelo consumo de MS acima das necessidades de manutenção, expresso em g MS/PCVZ^{0,75}.

As eficiências de utilização da energia metabolizável (EUEM) para manutenção (k_m) e ganho de peso (k_g) foram estimadas a partir da relação entre os teores de energia líquida, para manutenção ou ganho, respectivamente, em função da EM da dieta, segundo Garrett (1980b), sendo que a k_g também foi estimada como o coeficiente de regressão linear entre a ER e o CEM, para os animais dentro de cada nível de oferta de concentrado, segundo o NRC (1996) e Ferrell & Jenkins (1998 a,b), juntamente com os dados relativos aos animais designados para manutenção.

Para cálculo das eficiências parciais de uso da energia metabolizável para síntese de gordura e proteína, construiu-se a equação:

$$CEM = a + b \times Var_{prot.} + c \times Var_{gord.},$$

em que: $Var_{prot.}$ e $Var_{gord.}$ representaram, respectivamente, a variação, em kg, do teor de proteína e gordura corporais ao longo do período de alimentação em que os animais foram submetidos.

O intercepto (a) da equação representa a estimativa das exigências de energia metabolizável para manutenção ($kcal/kg PCVZ^{0.75}$) e os coeficientes b e c, a quantidade de energia metabolizável requerida para deposição de 1 kg de proteína e gordura, respectivamente. Assim, para obter as estimativas de $k_{prot.}$ e $k_{gord.}$, dividiram-se os coeficientes b e c pelos conteúdos energéticos da proteína e da gordura, respectivamente, 5,7 e 9,5 Mcal/kg de MS (Williams & Jenkins, 2003b).

Para todos os procedimentos estatísticos, adotou-se 0,05 como nível crítico de probabilidade para o erro tipo I.

Resultados e Discussão

A relação PCVZ/PV não foi afetada por classe sexual ($P>0,05$), nível de oferta de concentrado ($P>0,05$), nem pela interação entre as duas fontes de variação ($P>0,05$), apresentando valor médio de 0,9356, que é superior ao valor sugerido pelo NRC (2000) de 0,891. Paulino et al. (2005), utilizando animais anelados castrados, encontraram valor de 0,8956, enquanto Silva et al. (2002a) e Vêras et al. (2000), ambos utilizando machos inteiros da raça Nelore, obtiveram relações PCVZ/PV de, respectivamente, 0,8975 e 0,844. Portanto, o fator encontrado no presente trabalho é superior ao que tem sido observado. Já a relação entre o ganho diário de peso vivo (GPV) e de peso de corpo vazio (GPCVZ) foi de 0,8714, portanto, inferior aos valores do NRC (2000), de 0,956 e aqueles encontrados por Silva et al. (2002a) e Vêras et al. (2000), respectivamente 0,96 e 1. Nesse sentido, a conversão das exigências de energia para ganho de 1,0 kg de PCVZ em exigências por quilo de peso vivo foi realizada adotando-se o fator encontrado de 0,8714.

O teste de identidade de modelos aplicado às equações entre o logaritmo da gordura ou da energia corporais em função do logaritmo do peso de corpo vazio constatou que os parâmetros das equações não são idênticos ($P<0,05$),

impossibilitando, portanto, o uso de uma equação conjunta. As equações foram comparadas duas a duas, ou seja, machos inteiros com machos castrados, machos inteiros com fêmeas e machos castrados com fêmeas. Em todas as circunstâncias, o teste de identidade de modelos indicou que os parâmetros das equações são diferentes ($P < 0,05$). Desta forma, utilizaram-se equações independentes para cada classe sexual (Tabela 3). Ressalta-se, mais uma vez, que as equações foram construídas, dentro de cada classe sexual, utilizando-se os dados dos animais alimentados com os dois níveis de oferta de concentrado e o grupo referência. Não se utilizaram equações separadamente para cada nível de oferta de concentrado, uma vez que não havia animais referência representativos de cada nível, o que impossibilitaria a correta comparação entre os parâmetros das regressões.

Tabela 3 - Parâmetros das equações de regressão do logaritmo dos conteúdos de gordura (kg) e energia (Mcal) no corpo vazio, em função do logaritmo do peso do corpo vazio (kg) de bovinos Nelore de diferentes classes sexuais

| Classe sexual | Parâmetros | | |
|---|----------------|------------------|-------|
| | Intercepto (a) | Coefficiente (b) | r^2 |
| | | Gordura (kg) | |
| Macho inteiro | - 2,7536 | 1,7953 | 0,86 |
| Macho castrado | - 3,8280 | 2,2437 | 0,98 |
| Fêmea | - 2,8231 | 1,8709 | 0,88 |
| Valor P da análise conjunta - $P < 0,001$ | | | |
| | | Energia (Mcal) | |
| Macho inteiro | - 0,8064 | 1,4872 | 0,93 |
| Macho castrado | - 1,3548 | 1,7182 | 0,98 |
| Fêmea | - 0,8052 | 1,5151 | 0,93 |
| Valor P da análise conjunta - $P < 0,001$ | | | |

De acordo com as equações obtidas (Tabela 3), observou-se aumento nos conteúdos corporais de gordura e energia, para as três classes sexuais, à medida em que o peso vivo aumentou de 300 para 450 kg (Tabela 4). Para os machos inteiros, quando o peso vivo aumentou de 300 para 450 kg, os conteúdos corporais de gordura e energia aumentaram de 43,8 kg e 683,3 Mcal,

respectivamente, para 90,7 kg de gordura e 1.248,7 Mcal de energia. Para os machos castrados, dentro da mesma faixa de peso, os conteúdos de gordura aumentaram de 46,24 para 114,85 kg e os de energia de 710,75 para 1.426,52 Mcal, enquanto para as fêmeas observaram-se aumentos na quantidade de gordura de 57,19 para 122,10 kg e de energia de 801,83 para 1.482,11 Mcal, quando o peso vivo aumentou de 300 para 450 kg. Como consequência, as concentrações de gordura (g/kg PCVZ) e de energia (Mcal/kg PCVZ) no peso de corpo vazio, foram superiores nas fêmeas, seguidas pelos machos castrados e, finalmente, pelos machos inteiros (Tabela 4).

Quando a energia não limita o crescimento dos animais, a proporção de gordura no corpo vazio aumenta em resposta ao incremento do peso corporal (NRC, 2000).

Tabela 4 - Estimativa dos conteúdos de gordura (g/kg PCVZ) e de energia no peso do corpo vazio (Mcal/kg PCVZ) de bovinos Nelore de diferentes classes sexuais, em função do peso vivo (PV)

| PV | Classe sexual | Gordura (g/kg PCVZ) | Energia (Mcal/kg PCVZ) |
|-----|----------------|---------------------|------------------------|
| 300 | Macho inteiro | 156,13 | 2,43 |
| | Macho castrado | 164,76 | 2,53 |
| | Fêmea | 203,73 | 2,86 |
| 350 | Macho inteiro | 176,48 | 2,62 |
| | Macho castrado | 199,57 | 2,83 |
| | Fêmea | 233,00 | 3,09 |
| 400 | Macho inteiro | 196,26 | 2,80 |
| | Macho castrado | 235,63 | 3,11 |
| | Fêmea | 261,73 | 3,31 |
| 450 | Macho inteiro | 215,53 | 2,97 |
| | Macho castrado | 272,80 | 3,39 |
| | Fêmea | 290,00 | 3,52 |

À medida em que o peso corporal se elevou, houve incrementos nas concentrações tanto de gordura quanto de energia no peso PCVZ dos animais, sendo que os machos inteiros sempre apresentaram menores valores, seguidos pelos machos castrados e, com as fêmeas apresentando conteúdos mais pronunciados. Esses incrementos no conteúdo energético do peso de corpo vazio à medida em que os pesos se elevaram explicam os aumentos na quantidade de energia demandada pelos animais quando apresentam pesos mais altos, já que a deposição de gordura se torna mais intensa em pesos mais elevados (Tabela 5).

As exigências líquidas de energia por kg de ganho de peso de corpo vazio (GPCVZ) aumentaram em todas as classes sexuais, à medida em que o peso dos animais aumentou de 300 para 400 kg, o mesmo ocorrendo para o conteúdo de gordura no GPCVZ. Percebe-se que os machos castrados apresentaram acúmulo mais pronunciado de gordura no ganho de peso de corpo vazio em relação às demais classes sexuais, o que explica suas maiores exigências líquidas em relação as fêmeas e aos machos inteiros, que, por sua vez, apresentaram GPCVZ mais magro, e, desta forma, tiveram exigências líquidas de ganho inferiores. Tal comportamento não foi esperado, visto que fêmeas tendem a depositar gordura mais pronunciadamente que machos castrados.

Nota-se que para animais com peso vivo de 300 kg, as exigências líquidas de energia para ganho de 1,0 kg de PCVZ dos machos castrados e das fêmeas foram similares, porém superiores às dos machos inteiros em 16,6%. No entanto, à medida que o peso vivo se elevou, as exigências líquidas de energia para ganho dos machos castrados aumentaram de forma mais proporcional às das fêmeas, sendo 8,4% superiores quando os animais apresentavam 400 kg de peso vivo. Nessa situação os machos inteiros apresentaram exigências líquidas de ganho cerca de 24,2 e 17,3% inferiores à dos machos castrados e das fêmeas, respectivamente. O NRC (2000) assume que fêmeas em crescimento e machos inteiros, apresentam exigências líquidas para ganho de peso 18% superiores e inferiores, respectivamente, às exigências de machos castrados.

Tabela 5 - Exigências líquidas de energia (Mcal), por kg de GPCVZ, e conteúdo de gordura no ganho de peso do corpo vazio (g/kg GPCVZ) de bovinos Nelore de diferentes classes sexuais, em função do peso vivo (PV)

| PV (kg) | Classe sexual | Exigências líquidas de energia (Mcal/kg GPCVZ) | Conteúdo de gordura (g/kg GPCVZ) |
|---------|----------------|--|----------------------------------|
| 300 | Macho inteiro | 3,62 | 280,28 |
| | Macho castrado | 4,35 | 369,66 |
| | Fêmea | 4,33 | 381,15 |
| 350 | Macho inteiro | 3,90 | 316,84 |
| | Macho castrado | 4,86 | 447,78 |
| | Fêmea | 4,69 | 435,92 |
| 400 | Macho inteiro | 4,16 | 352,34 |
| | Macho castrado | 5,34 | 528,68 |
| | Fêmea | 5,02 | 489,67 |
| 450 | Macho inteiro | 4,41 | 386,94 |
| | Macho castrado | 5,82 | 612,08 |
| | Fêmea | 5,33 | 542,57 |

A partir dos dados de energia retida (ER, Mcal/dia), peso de corpo vazio médio metabólico ($PCVZ^{0,75}$, $kg^{0,75}$) e do ganho de peso de corpo vazio (GPCVZ, kg/dia) dos animais, construíram-se equações para estimar a energia retida a partir desses dois parâmetros. Adotou-se o método de modelos não-lineares, utilizando-se algoritmo iterativo de Gauss-Newton, sendo os parâmetros comparados entre si a partir de teste de identidade de modelos não-lineares (Regazzi, 2003). Os resultados obtidos evidenciaram que as estimativas dos parâmetros c da equação da ER em função do $PCVZ^{0,75}$ e do GPCVZ não diferiram ($P > 0,05$) entre os machos castrados e as fêmeas, apresentando valor estimado único de 0,0658 (ICA 95%: 0,0606 - 0,0709), enquanto que a estimativa do parâmetro c para os machos inteiros foi diferente da estimativa dos machos

castrados ($P < 0,05$) e das fêmeas ($P < 0,05$), apresentando valor estimado de 0,0509 (ICA 95%: 0,0463 – 0,0555). Percebe-se que os intervalos de confiança assintóticos (ICA) entre as duas estimativas não apresentam intersecção alguma, reforçando sua diferenciação. Por outro lado, a estimativa do parâmetro b não mostrou-se diferente entre as classes sexuais ($P > 0,05$), assumindo valor único de 0,7818. Nesse sentido, as equações que descrevem a relação entre a ER em função do $PCVZ^{0,75}$ e do $GPCVZ$ para as diferentes classes sexuais podem ser assim apresentadas:

$$\text{Machos castrados e fêmeas: } ER = 0,0658 PCVZ^{0,75} * GPCVZ^{0,7818} R^2 = 0,90$$

$$\text{Machos inteiros: } ER = 0,0509 PCVZ^{0,75} * GPCVZ^{0,7818} R^2 = 0,90$$

O coeficiente c da equação dos machos inteiros é 22,6% inferior ao coeficiente conjunto encontrado para os machos castrados e as fêmeas. Desta forma, as exigências líquidas de energia para ganho de peso entre machos castrados e fêmeas da raça Nelore são similares, porém 22,6% superiores às exigências de machos inteiros.

Adotando-se o procedimento realizado pelo NRC (1984), obtiveram-se as seguintes equações para estimativa da ER:

$$\text{Machos inteiros: } ER = 0,0515 PCVZ^{0,75} * GPCVZ^{0,9384} R^2 = 0,91$$

$$\text{Machos castrados: } ER = 0,0696 PCVZ^{0,75} * GPCVZ^{0,9250} R^2 = 0,98$$

$$\text{Fêmeas: } ER = 0,0731 PCVZ^{0,75} * GPCVZ^{1,0175} R^2 = 0,88$$

Nessas equações, os expoentes do $GPCVZ$ se aproximam mais de 1. Porém, nessa situação os parâmetros da equação foram obtidos a partir de uma equação logaritimizada, conforme descrito no item Material e Métodos. Tal procedimento resulta em modificações na estrutura dos erros, o que pode incorrer em estimativas errôneas dos parâmetros da regressão.

Tomando-se como referência um animal com peso de corpo vazio de 300 kg e taxa de ganho de peso de corpo vazio de 0,7 kg/dia, obtém-se valores de ER de 3,12 e 4,03 Mcal/dia para machos inteiros e machos castrados ou fêmeas, utilizando-se as equações obtidas pelo modelo não-linear. Ao se utilizar as equações desenvolvidas separadamente para cada classe sexual, conforme o NRC (1984), as ER dos machos inteiros, dos machos castrados e das fêmeas

passam a ser, respectivamente, 2,98; 4,05 e 4,11 Mcal/dia. Nota-se que para os machos castrados, as equações fornecem valores de ER praticamente idênticos, enquanto que para os machos inteiros e as fêmeas, as equações obtidas pelo método não-linear resultaram em valores de ER superior e inferior, respectivamente, ao obtido pela anamorfose proposta no NRC (1984).

Véras et al. (2000) e Silva et al. (2002b) também desenvolveram equações de estimação da ER de animais Nelore não-castrados, que, considerando-se o mesmo animal (300 kg de PCVZ e 0,7 kg/dia de GDPCVZ), fornecem valores de 2,45 e 2,62 Mcal/dia. Esses valores são inferiores aos obtidos com as equações geradas para machos inteiros do presente trabalho. Paulino et al. (2005) também apresentaram equação para estimar a ER de novilhos zebuínos castrados ($ER = 0,0718 PCVZ^{0,75} * GDPCZ^{0,9658}$), que, se adotada, traz como resultado ER de 4,12 Mcal/dia, próximo ao obtido para os machos castrados e as fêmeas utilizando as equações geradas nesse trabalho.

A equação proposta pelo NRC (2000) para machos castrados ($ER = 0,0635 \times PCVZ^{0,75} \times GPCVZ^{1,097}$) apresenta valor do coeficiente *c* praticamente idêntico ao obtido para machos castrados e fêmeas pelo método não-linear (0,0658), enquanto que o coeficiente *d* é maior que 1. Usando-se essa equação, para o mesmo animal considerado anteriormente, obtém-se ER de 3,47 Mcal/dia. Tedeschi et al. (2002) também apresentaram equações não-lineares entre a ER, o PCVZ metabólico e o GPCVZ para machos inteiros e castrados da raça Nelore, bem como uma equação conjunta para as duas classes sexuais. Considerando-se as equações apresentadas por Tedeschi et al. (2002), obtém-se, para machos inteiros e castrados com 300 kg de PCVZ e 1,0 kg/dia de GPCVZ, valores de ER de 2,86 e 4,08 Mcal/dia, que são próximos aos encontrados ao se utilizar as equações obtidas nesse trabalho, separadamente para cada classe sexual (2,98; 4,05 Mcal/dia).

O requerimento de energia para manutenção tem sido definido como sendo o consumo de energia metabolizável (CEM) por dia em que o balanço energético do animal torna-se nulo (Dawson & Steen, 1998). Plotando-se o CEM em função da energia retida (ER), obtém-se uma equação do tipo $ER = a + b CEM$; em que o intercepto (*b*) representa a eficiência de utilização de energia metabolizável e, igualando-se a ER a 0, estimam-se as exigências de energia metabolizável para manutenção. Foram construídas equações de regressão entre a ER e o CEM dos

animais, por classe sexual, e em conjunto, quando os parâmetros foram comparados entre si por meio de teste de identidade de modelos utilizando variável dummy (classe sexual). Os resultados indicaram que não houve diferença significativa ($P>0,05$) entre os interceptos e as inclinações entre as três classes sexuais (Tabela 6).

Tabela 6 - Regressões da energia retida (ER, Mcal/kg PCVZ^{0,75}) em função do consumo de energia metabolizável (CEM, Mcal/kg PCVZ^{0,75}) e estimativa das exigências de energia metabolizável para manutenção (EM_m, Kcal/kg PCVZ^{0,75}) de bovinos Nelore de diferentes classes sexuais, sendo os parâmetros estimados a partir do método dos mínimos quadrados ou da regressão ortogonal

| Classe sexual | Intercepto | Inclinação | r ² | EPE | EM _m |
|-------------------------------|-----------------|----------------|----------------|-------|-----------------|
| Método dos mínimos quadrados | | | | | |
| Machos inteiros | -0,0451 ± 0,013 | 0,4309 ± 0,064 | 0,82 | 0,008 | 104,66 |
| Machos castrados | -0,0487 ± 0,009 | 0,4694 ± 0,045 | 0,92 | 0,006 | 103,75 |
| Fêmeas | -0,0497 ± 0,015 | 0,4305 ± 0,075 | 0,77 | 0,012 | 115,45 |
| Conjunto | -0,0533 ± 0,006 | 0,4762 ± 0,031 | 0,87 | 0,008 | 111,93 |
| Método da regressão ortogonal | | | | | |
| Machos inteiros | -0,0437 | 0,4232 | 0,82 | | 103,26 |
| Machos castrados | -0,0455 | 0,4524 | 0,92 | | 100,57 |
| Fêmeas | -0,0482 | 0,4235 | 0,77 | | 113,81 |
| Conjunto | -0,0488 | 0,4485 | 0,87 | | 108,81 |

EPE = erro-padrão da estimativa.

O método da regressão ortogonal assume que há erros associados nas duas variáveis utilizadas para construir a equação (ER e CEM), enquanto que no método dos quadrados mínimos ordinários a pressuposição é de que há erro somente na variável dependente, ou seja, na energia retida. Como o consumo de energia metabolizável foi obtido pelo consumo semanal de matéria seca e da concentração estimada de energia metabolizável das dietas, percebe-se que há também erros associados ao consumo de energia. Nessa situação, a regressão ortogonal torna-se interessante. A estimação dos parâmetros da regressão pelo

método ortogonal é realizada visando minimizar a distância perpendicular entre os valores estimados e a reta dos valores observados, sendo essa minimização não dependente de um eixo específico (Dissanaike & Wang, 2001). Assim, mesmo que se obtenham duas equações distintas, ou seja, ER em função do CEM ou o contrário - CEM em função da ER - obtém-se as mesmas estimativas para a EM_m , o que não ocorre quando os parâmetros são estimados pelo método dos quadrados mínimos. Como o teste de identidade de modelos, realizado criando-se variáveis dummy que representaram as diferentes classes sexuais, indicou que os interceptos e as inclinações são estatisticamente iguais entre as três classes sexuais, pode-se assumir a equação conjunta obtida pelo método da regressão ortogonal representativa dos dados obtidos nesse trabalho.

De acordo com essa equação, as exigências de energia metabolizável para manutenção de bovinos Nelore seriam de $108,81 \text{ kcal/kgPCVZ}^{0,75}$, sendo que esse valor pode ser adotado para machos castrados, machos inteiros e fêmeas. Tedeschi et al. (2002) também não encontraram diferenças nas exigências de energia para manutenção entre machos castrados e inteiros da raça Nelore, e apresentaram valores de 118 e 112 $\text{kcal/kgPCVZ}^{0,75}$, respectivamente. Valadares Filho et al. (2005) e Sainz et al. (2006), ao compilarem dados individuais de bovinos Nelore no Brasil, obtiveram exigências de energia metabolizável para machos inteiros da ordem de 114,82 e 107,13 $\text{kcal/kgPCVZ}^{0,75}$, ambos obtidos também pelo método da regressão ortogonal. Sainz et al. (2006), ao assumirem eficiência de uso da energia metabolizável média de 64%, atestaram que o valor obtido de 107,13 $\text{kcal/kgPCVZ}^{0,75}$ é praticamente idêntico ao sugerido pelo NRC (2000) para animais zebuínos ($0.077 \text{ Mcal EL}_m/\text{kg}^{0,75} \times 0.90/0.64 = 0.108$). Portanto, o valor obtido nesse trabalho está de acordo com relatos da literatura envolvendo animais da raça Nelore.

As relações entre a ER e o CEM obtidas com todos os dados em conjunto, pelos métodos dos mínimos quadrados e da regressão ortogonal podem ser visualizadas nas Figuras 2 e 3. Percebe-se que os dados utilizados para o desenvolvimento das equações apresentam razoável variação no consumo de energia metabolizável, inclusive com dados próximos ao eixo-x, ou seja, próximos da situação em que a ER é próxima de zero. Isso aumenta a acurácia do resultado obtido para a estimativa da EM_m (Dawson & Steen, 1998).

As eficiências de uso da energia metabolizável para ganho de peso (k_g), representadas pelas inclinações das equações de regressão da ER em função do CEM (Tabela 6) não diferiram entre si ($P>0,05$), apresentando valor conjunto de 45%. Tedeschi et al. (2002) encontraram valores de 45,9 e 49,7%, respectivamente, para machos inteiros e machos castrados da raça Nelore, próximos aos obtidos nesse trabalho. Dawson & Steen (1998), ao compilarem dados de bovinos taurinos no Reino Unido, encontraram valores para EM_m e de k_g , respectivamente, de 138,98 kcal/kgPV^{0,75} e 52%. Ao se expressar o valor obtido nesse trabalho de EM_m em função do PV^{0,75}, obtém-se 95,18 kcal/kg PV^{0,75}, que é 31,5% inferior ao obtido por Dawson & Steen (1998), demonstrando que as exigências de manutenção de animais Nelore são inferiores às exigências de bovinos taurinos (Valadares Filho et al., 2005; Paulino et al., 2004; Silva et al. 2002b).

Obteve-se também a equação de regressão da ER (Mcal/kg PV) em função do CEM (Mcal/kg PV), porém com ambos expressos em função do peso médio dos animais. A equação obtida, usando-se o método da regressão ortogonal foi:

$$ER = 0,4384 \times CEM - 0,0098.$$

Ao igualar ER a 0, obtém-se o valor de 22,32 Kcal/kg PV, que corresponderiam, então, às exigências de energia metabolizável para manutenção para cada quilo de peso vivo. Williams & Jenkins (2003a) obtiveram, para animais Nelore, 27,6 kcal/kg PV, valor 19% superior ao encontrado nesse trabalho.

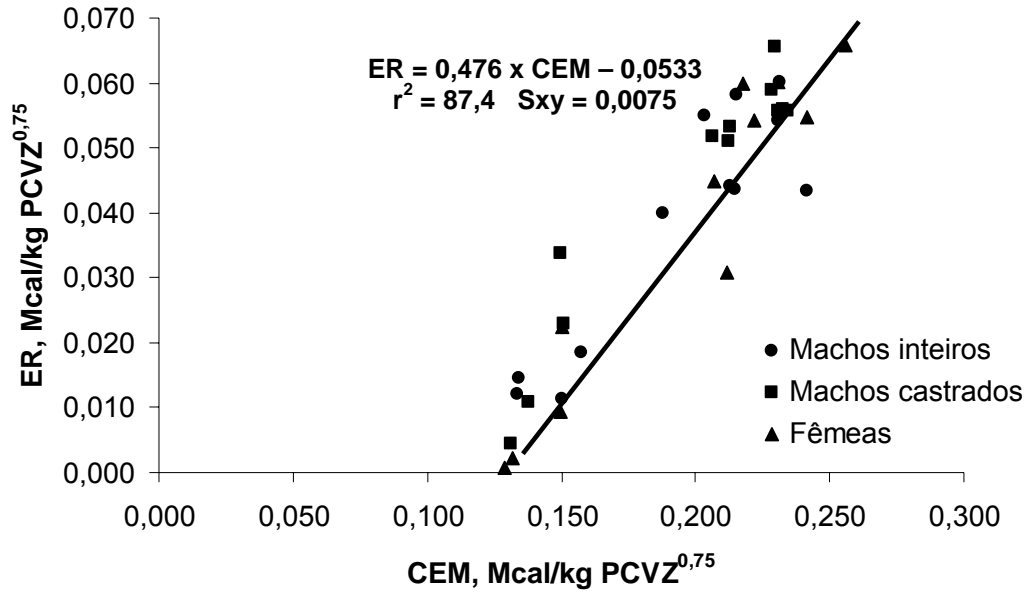


Figura 2 - Relação entre energia retida (ER) e consumo de energia metabolizável em bovinos Nelore de diferentes classes sexuais, obtida pelo método dos quadrados mínimos ordinários, para todos os animais em conjunto.

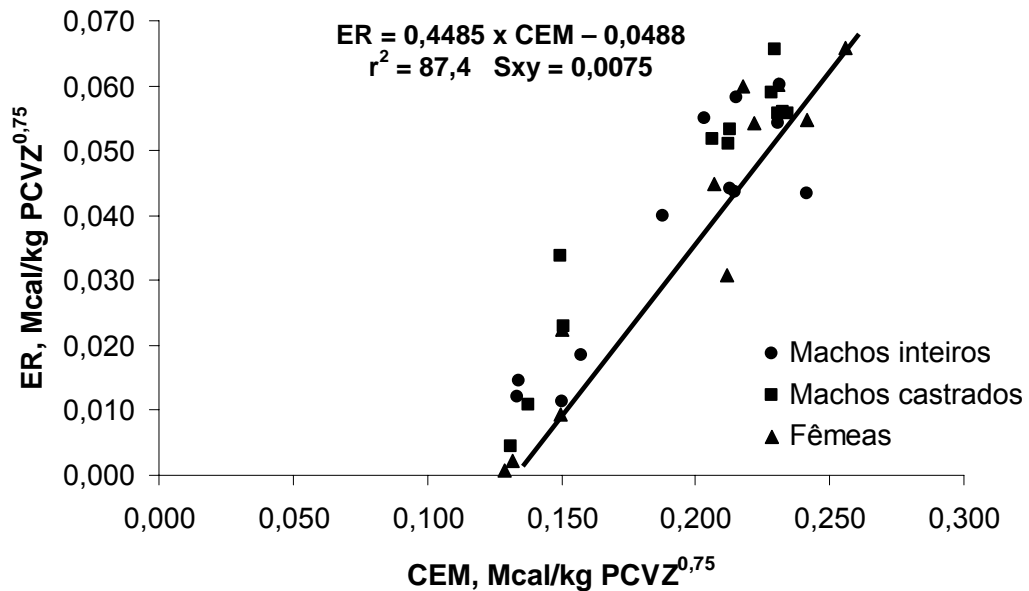


Figura 3 - Relação entre energia retida (ER) e consumo de energia metabolizável em bovinos Nelore de diferentes classes sexuais, obtida pelo método da regressão ortogonal, para todos os animais em conjunto.

Uma das limitações de se utilizar a regressão entre a ER e CEM é que ela considera eficiência de uso da energia metabolizável para ganho de peso constante entre todas as dietas utilizadas. Quando as concentrações de EM ou a relação volumoso-concentrado são muito discrepantes, passa a ser uma limitação importante, uma vez que têm sido demonstrado que dietas com menor concentração de EM (alta proporção de volumosos) são utilizadas de forma menos eficientes que dietas ricas em concentrados e, portanto, mais energeticamente densas (ARC, 1980; Veloso et al., 2002). No presente estudo, no entanto, os níveis de oferta de concentrado, de 0,6 e 1,2% do PV, não representaram grandes diferenças na energia metabolizável das dietas (2,23 e 2,42 Mcal/kg MS). Assim, as eficiências de uso da energia metabolizável para ganho de peso entre as dietas, separadamente, não foram muito distantes (0,49 e 0,45 respectivamente – Tabela 7), fazendo com que o uso da regressão linear da ER em função do CEM seja considerado uma forma segura de se obter as estimativas de EM_m .

As exigências líquidas de energia de manutenção (EL_m), correspondem ao calor produzido pelo animal numa situação em que não há consumo, ou seja, em jejum, sendo afetada por vários fatores, tais como grupo genético, sexo, nutrição prévia, taxa de ganho de peso, duração do período de mensuração e tamanho dos órgãos internos (Dawson & Steen, 1998).

O NRC (2000) citou que machos inteiros demandam 15% mais de energia líquida para manutenção que machos castrados e fêmeas, sugerindo, portanto, maior produção de calor em jejum. Uma das formas de se estimar as exigências líquidas de energia para manutenção é utilizar câmeras calorimétricas e mensurar, durante certo período de tempo, o calor produzido pelo animal em jejum, ou seja, privado de alimento. No entanto, tal procedimento nem sempre é possível de ser realizado na maioria das instituições de pesquisa ou universidades do Brasil, que não dispõem desse tipo de estrutura. Além disso, devido à complexidade e aos custos de mensuração envolvidos com as câmeras calorimétricas, o número de animais que pode ser utilizados é limitado. Restrições de ordem prática desse sistema estão baseadas na dificuldade de se ajustar dados obtidos em ambientes laboratoriais extremamente controlados a situações de alimentação à vontade no campo (NRC, 2000), que é a realidade dos sistemas de produção. Nesse caso, a técnica do abate comparativo apresenta-se como de melhor aplicabilidade.

Assim, as exigências de energia líquida para manutenção (EL_m) têm sido estimadas como sendo o antilogaritmo do intercepto da equação de regressão (Figura 5) entre o logaritmo da produção de calor e a ingestão de energia metabolizável (EM), conforme preconizado por Lofgreen & Garrett (1968). A partir dessa equação estima-se a produção de calor no consumo zero de energia metabolizável, o que corresponde às exigências de energia líquida para manutenção. Da mesma forma que para as regressões da ER em função do CEM, as regressões obtidas entre o logaritmo da produção de calor e o consumo de energia metabolizável foram construídas com o uso do programa SAS (1989), sendo os parâmetros testados entre as classes sexuais por meio do teste de identidade de modelos, por meio do uso de variável dummy. As estimativas dos parâmetros, ou seja, dos interceptos e das inclinações das equações obtidas para os machos inteiros, os machos castrados e as fêmeas foram estatisticamente ($P>0,05$) semelhantes entre si. Nesse sentido, pôde-se utilizar uma equação conjunta (Tabela 7).

Tabela 7 - Regressões do logaritmo da produção de calor (PC, Mcal/kg PCVZ^{0,75}) em função do consumo de energia metabolizável (CEM, Mcal/kg PCVZ^{0,75}) e estimativa das exigências líquidas de energia para manutenção (EL_m, Kcal/kg PCVZ^{0,75}) de bovinos Nelore de diferentes classes sexuais

| Classe sexual | Intercepto | Inclinação | r ² | EPE | EL _m | k _m ¹ |
|--|-----------------|----------------|----------------|-------|-----------------|-----------------------------|
| Obtidas com os dados dos animais do grupo manutenção e D1 | | | | | | |
| Machos inteiros | -1,1066 ± 0,040 | 1,4972 ± 0,219 | 0,89 | 0,022 | 78,24 | 68,6 |
| Machos castrados | -1,1059 ± 0,037 | 1,4243 ± 0,203 | 0,89 | 0,021 | 78,36 | 71,2 |
| Fêmeas | -1,0761 ± 0,034 | 1,4007 ± 0,186 | 0,90 | 0,021 | 83,93 | 67,3 |
| Conjunto | -1,0956 ± 0,022 | 1,4372 ± 0,121 | 0,87 | 0,022 | 80,25 | 69,0 |
| Obtidas com os dados de todos os animais (manutenção, D1 e D2) | | | | | | |
| Machos inteiros | -1,1279 ± 0,031 | 1,6244 ± 0,158 | 0,91 | 0,020 | 74,50 | 69,8 |
| Machos castrados | -1,1284 ± 0,027 | 1,5711 ± 0,136 | 0,93 | 0,019 | 74,41 | 71,1 |
| Fêmeas | -1,1005 ± 0,034 | 1,5371 ± 0,166 | 0,90 | 0,026 | 79,35 | 68,5 |
| Conjunto | -1,1196 ± 0,018 | 1,5806 ± 0,091 | 0,90 | 0,023 | 75,92 | 70,4 |

EPE = erro-padrão da estimativa.

D1 – animais do tratamento em que foi fornecido 0,6% do PV em concentrado.

D2 – animais do tratamento em que foi fornecido 1,2% do PV em concentrado.

1/ k_m = EL_m/EM_m.

As estimativas dos parâmetros da regressão do logaritmo da produção de calor em função do consumo de energia metabolizável apresentadas na primeira parte da Tabela 7 foram obtidas utilizando-se os dados dos animais manutenção e os animais que foram alimentados com 0,6% do PV em concentrado (Figura 5), já que a relação volumoso:concentrado entre esses dois grupos foi semelhante, variando somente a quantidade fornecida. Quando se utilizam dados em que a relação volumoso:concentrado das dietas é variável, a estimativa do calor realmente produzido na situação hipotética de consumo zero passa a não ser acurada (Lofgreen & Garrett, 1968). Entretanto, ao se traçarem as equações com os dados de todos os animais (Tabela 7), ou seja, dos animais do grupo manutenção, os animais que receberam 0,6% do PV em concentrado e aqueles designados ao grupo que recebeu quantidade de concentrado de 1,2% do PV (Figura 5), evidencia-se que tanto a acurácia quanto a precisão das equações foram melhoradas (incrementos no r² e redução nos erros-padrão das

estimativas), ocasionando uma leve redução nas estimativas das exigências líquidas de energia para manutenção. Dessa forma, assumiu-se que as exigências líquidas de energia para manutenção de bovinos Nelore não diferiram entre as classes sexuais, apresentando valor de 75,92 kcal/kg PCVZ^{0,75}. Ajustando-se a equação do logaritmo da produção de calor em função do CEM, porém expressos em função do peso vivo metabólico, encontrou-se valor para o antilog do intercepto de 66,81 kcal/kg PV^{0,75} (Log PC = 1,8047 x CEM – 1,1751; r² = 0,92).

As EL_m também foram estimadas a partir da relação exponencial entre a produção de calor (PC, Mcal/kg PCVZ^{0,75}) e o consumo de energia metabolizável (CEM, Mcal/kg PCVZ^{0,75}), conforme preconizado por Ferrell & Jenkins (1998ab). Os valores obtidos de EL_m segundo as equações exponenciais para os dados de todos os animais em conjunto, agrupando-se todas as classes sexuais (Figuras 6 e 7), foram bastante próximos aos obtidos anteriormente (Tabela 7).

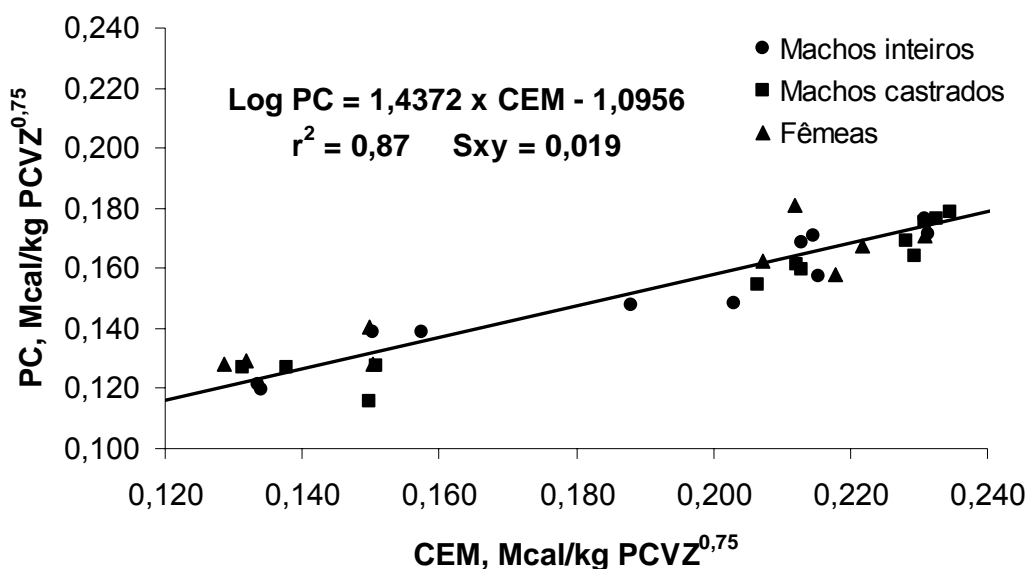


Figura 4 - Relação entre produção de calor (PC) e consumo de energia metabolizável em bovinos Nelore de diferentes classes sexuais, obtida utilizando-se os dados dos animais alimentados com 0,6% do PV em concentrado e os do grupo manutenção.

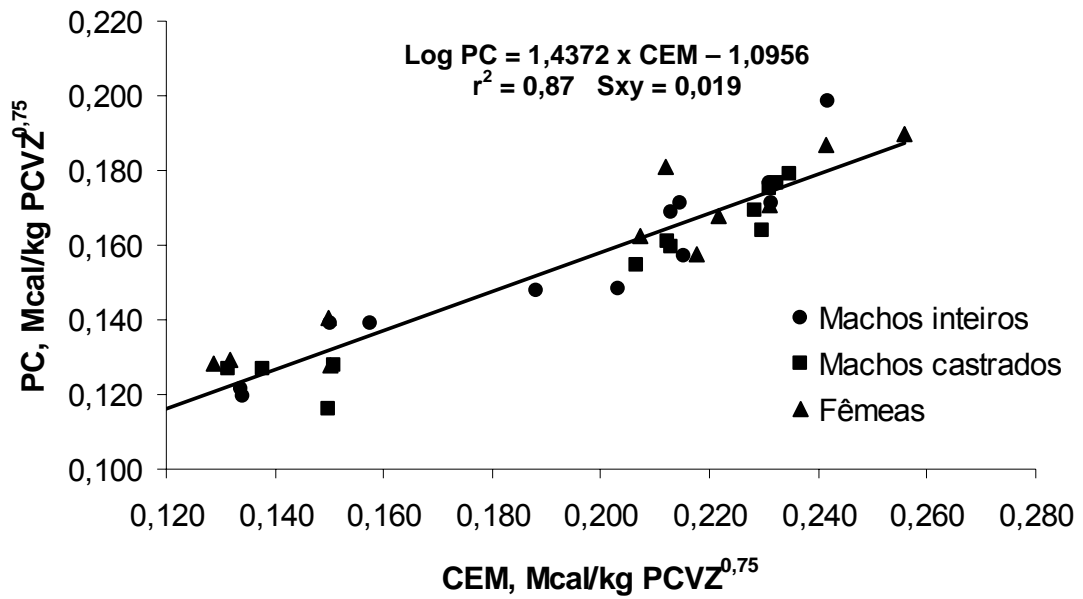


Figura 5 - Relação entre produção de calor (PC) e consumo de energia metabolizável em bovinos Nelore de diferentes classes sexuais, obtida utilizando-se os dados de todos os animais do experimento.

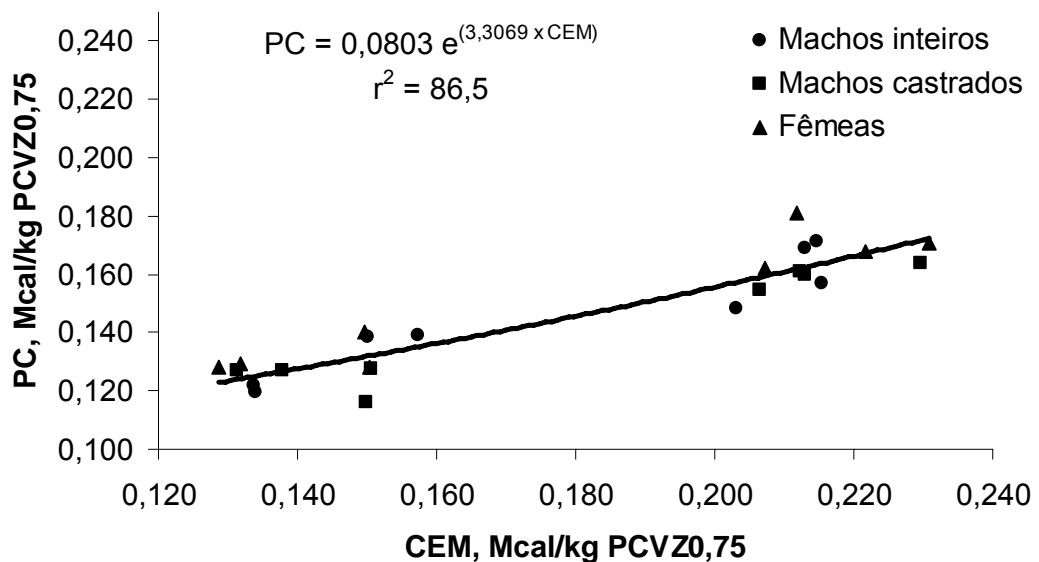


Figura 6 - Relação entre produção de calor (PC) e consumo de energia metabolizável em bovinos Nelore de diferentes classes sexuais, obtida utilizando-se os dados dos animais alimentados com 0,6% do PV em concentrado.

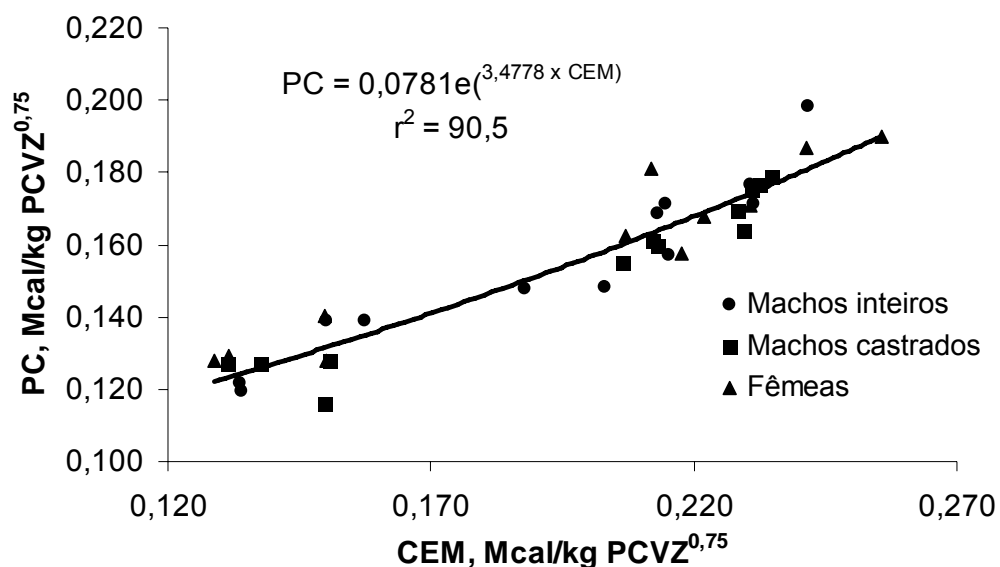


Figura 7 - Relação entre produção de calor (PC) e consumo de energia metabolizável em bovinos Nelore de diferentes classes sexuais, obtida utilizando-se os dados de todos os animais do experimento.

Quando a equação foi traçada com os dados dos animais do grupo manutenção e dos alimentados *ad libitum* com 0,6% do PV em concentrado (Figura 6), a estimativa de EL_m foi de 80,25 Kcal/kg PCVZ^{0,75}, e a obtida para todos os animais do experimento (Figura 7) foi de 75,92 Kcal/kg PCVZ^{0,75}. Tedeschi et al. (2002), trabalhando com bovinos Nelore inteiros e castrados obtiveram coeficiente da regressão exponencial entre a PC e o CEM de 78,2 Kcal/kg PCVZ^{0,75}, valor similar ao obtido nesse estudo. Esses autores concluíram que as exigências líquidas de energia para manutenção de machos Nelore (inteiros e castrados) não diferiram entre si, apresentando valor de 77,2 Kcal/kg PCVZ^{0,75}. Percebe-se que os valores de exigências líquidas de energia para manutenção obtidos nesta pesquisa foram próximos aos obtidos por Tedeschi et al. (2002) e similares ao valor recomendado pelo NRC (2000) de 77 Kcal/kg^{0,75} para bovinos taurinos, o que é contraditório, já que animais zebuínos tendem a apresentar menores requerimentos de energia para manutenção em relação a animais *Bos taurus* (Frish & Vercoe, 1977).

No entanto, a literatura brasileira tem mostrado que animais Nelore apresentam valores de exigências líquidas inferiores em relação a animais

taurinos (Valadares et al., 2005b), embora os dados deste trabalho não tenha comprovado esse achado. Uma das razões para não ter se encontrado valores mais baixos de energia líquida de manutenção pode ser associada ao fato de que o período de tempo utilizado (112 dias) não ter sido suficiente para que os animais do grupo manutenção atingissem homeostase, com peso e composição corporal em equilíbrio, o que demandaria pelo menos 2 anos. Nesse sentido, torna-se necessário o desenvolvimento de trabalhos de mais longa duração para que se obtenha uma estimativa mais precisa e confiável as exigências de manutenção de bovinos Nelore.

Embora não tenha sido detectada diferença significativa ($P>0,05$) entre as classes sexuais quanto às suas exigências líquidas de manutenção, as fêmeas apresentaram valor 6,2% superior em relação aos machos castrados e inteiros, sendo que o tamanho dos órgãos e das vísceras e a participação protéica desses elementos no corpo como um todo e na proteína total corporal podem ajudar a explicar esse efeito e a ausência de diferença nas exigências líquidas de energia entre fêmeas e machos castrados em relação aos machos inteiros, que, de acordo com o NRC (2000), seriam de cerca de 15%.

Sabe-se que o tamanho e a massa visceral são os grandes responsáveis por variações na energia gasta pelo organismo, refletindo sobre as exigências de manutenção. As vísceras e os órgãos internos (coração, rim, trato digestivo e fígado), embora representem cerca de 6-15% da massa corporal, consomem por volta de 55% da energia total usada em espécies ruminantes (Caton et al., 2000), enquanto os músculos, que representam mais de 40% do peso de corpo vazio, demandam apenas 21% (15 a 26%) da energia gasta pelo organismo como um todo. As fêmeas apresentaram maior ($P<0,05$) tamanho dos órgãos internos e das vísceras e maior participação da proteína contida nos órgãos e nas vísceras, tanto em relação ao peso de corpo vazio quanto em relação ao total de proteína corporal (Tabela 8), quando comparadas aos machos inteiros, com os machos castrados apresentando valores intermediários. Uma das possíveis explicações para o maior tamanho dos órgãos e das vísceras das fêmeas pode estar relacionada ao maior consumo alimentar e de energia que elas apresentaram, em função do peso vivo (Paulino et al., 2006, dados ainda não publicados), visto que maior aporte nutricional resulta em maior tamanho e atividade da massa visceral,

representando, desta forma, mais gasto energético para manutenção (Reynolds et al., 1991).

Outro aspecto a ser considerado é que a atividade física também está associada às exigências de energia para manutenção (NRC, 2000), sendo que a maior atividade de machos inteiros também seria uma das razões para que apresentassem maiores exigências energéticas para manutenção que machos castrados e fêmeas. Porém, nas condições do presente trabalho, os animais foram mantidos em baias individuais, com espaço limitado e sem a presença de fatores externos (proximidade com as fêmeas, por exemplo, que ficaram no lado oposto do confinamento experimental) que pudessem ocasionar em maior atividade física dos machos inteiros em relação aos demais animais, limitando, portanto o efeito que esse fator poderia vir a ter sobre as estimativas de EL_m .

Tabela 8 - Participação dos órgãos e das vísceras no corpo vazio e do seu conteúdo de proteína no corpo vazio e em relação à proteína total corporal

| Item | Classe sexual | | | Valor P |
|---|---------------|----------------|---------|---------|
| | Macho inteiro | Macho castrado | Fêmea | |
| Órgãos + vísceras, % PCVZ | 13,67 b | 14,30 ab | 15,11 a | 0,0040 |
| Proteína órgãos + vísceras, % PCVZ | 1,05 b | 1,14 ab | 1,19 a | 0,0180 |
| Proteína órgãos + vísceras, % proteína corporal total | 6,23 b | 6,88 ab | 7,36 a | 0,0020 |

Entre os processos fisiológicos que ocorrem nos órgãos e nas vísceras que compõem o chamado sistema porta-visceral, o transporte de íons (Na^+ , K^+ ATPase; manutenção do potencial eletroquímico das membranas celulares) e o *turnover* protéico (síntese e degradação protéica) são responsáveis pelo consumo de 62 a 95% de toda a energia demandada por esse sistema (Huntington & Reynolds, 1985), enquanto que os demais componentes metabólicos com gasto energético (reações metabólicas, secreção de enzimas digestivas, absorção, transporte iônico para formação de HCl, *turnover* de fosfolipídeos e de RNA/DNA, ciclagem de substrato) representam uma pequena porção do gasto energético

total. Segundo Baldwin (1995), o gasto energético envolvido no *turnover* protéico visceral representa 42% do total da energia utilizada pelo trato gastrointestinal. Como as fêmeas apresentaram maior participação da proteína contida nos órgãos e nas vísceras em relação ao pool total de proteína corporal (Tabela 8), espera-se que apresentassem também maior *turnover* protéico e maior transporte de íons, fazendo com que maior quantidade de energia fosse usada pelas vísceras, contribuindo, portanto, para o aumento da energia líquida requerida para manutenção.

Os machos inteiros, por sua vez, apesar de terem apresentado menores conteúdos de órgãos e vísceras e de proteína visceral no corpo vazio, apresentaram maior taxa de deposição de músculo e proteína na carcaça e no corpo vazio como um todo (Paulino et al., 2006, dados ainda não publicados). Como o acréscimo de proteína na carcaça ou no corpo é o resultado dos processos de síntese e degradação protéica, que envolvem considerável gasto energético (Caton et al., 2000), o saldo final foi que os animais inteiros apresentaram exigências de energia para manutenção similares às das fêmeas.

As concentrações de energia líquida para manutenção (EL_m) e ganho de peso (EL_g), calculadas segundo Harris (1970), foram de, respectivamente 1,60 e 1,74; e 1,09 e 1,08 Mcal/kg de MS, para as dietas com nível de oferta de concentrado de 0,6 e 1,2% do PV, respectivamente (Tabela 9). A partir desses valores e das concentrações de energia metabolizável das dietas, obtiveram-se eficiências de uso da energia metabolizável para manutenção da ordem de 72%, com eficiências de uso da energia metabolizável para ganho de peso variando de 45 a 49%, valores bastante próximos aos encontrados quando considerou-se a inclinação da equação de regressão da ER em função do CEM, respectivamente 41 e 50%. As eficiências de uso da energia para manutenção, obtidas pela razão entre EL_m/EM_m, de todos os animais, porém separados por nível de oferta de concentrado, foram de, respectivamente, 69 e 70%, bastante próximas dos 72% obtidos pelo método de Harris (1970). Porém, ao se utilizar as equações cúbicas de Garrett (1980) - apresentadas pelo NRC (2000) - para se obter EL_m e EL_g e então calcular k_m e k_g, verificou-se que houve subestimação das eficiências de uso da energia metabolizável (Tabela 9). Conforme discutido anteriormente, não foi detectada diferença significativa entre as classes sexuais quanto ao uso da energia metabolizável para manutenção e ganho de peso, visto que as estimativas dos

parâmetros das equações de regressão entre a ER e o CEM e entre a PC e o CEM, traçadas por classe sexual, foram similares ($P>0,05$) entre todas as classes sexuais.

Tabela 9 - Consumo de matéria seca (CMS) para manutenção e para ganho, em kg/dia, teores de nutrientes digestíveis totais (NDT), concentrações de energia metabolizável (EM), energia líquida para manutenção (ELm) e energia líquida para ganho (ELg), e eficiência de utilização da energia metabolizável (EUEM) calculada para manutenção (k_m) e EUEM observada e calculada conforme NRC (1996) para ganho de peso (k_f), em função do nível de concentrado (NC) na dieta

| Itens | Nível oferta de concentrado | |
|--|-----------------------------|------------|
| | 0,6% do PV | 1,2% do PV |
| CMS manutenção (g/PCVZ ^{0,75}) | 48,79 | 44,96 |
| CMS ganho (g/PCVZ ^{0,75}) | 46,58 | 50,42 |
| NDT (%) | 62,41 | 67,91 |
| EM (Mcal/kg de MS) | 2,23 | 2,42 |
| ELm (Mcal/kg de MS) | 1,60 | 1,74 |
| ELg (Mcal/kg de MS) | 1,09 | 1,08 |
| k_m^1 | 0,72 | 0,72 |
| k_m^2 | 0,61 | 0,63 |
| k_m^3 | 0,69 | 0,70 |
| k_f^1 | 0,49 | 0,45 |
| k_f^2 | 0,35 | 0,39 |
| k_f^3 | 0,50 | 0,41 |

¹ Calculadas com os dados do presente trabalho.

² Estimadas a partir das equações do NRC (2000).

³ Estimadas como a inclinação da regressão da ER (Mcal, kg PCVZ^{0,75}), em função do CEM (Mcal, kg PCVZ^{0,75}) para k_g ou como EM_m/EL_m obtidas no presente trabalho, para k_m .

As eficiências parciais de uso da energia metabolizável para ganho de proteína (k_{prot}) e gordura (k_{gord}) corporais em bovinos Nelore não têm sido alvo de estudo, sendo que somente Valadares et al. (2005), ao analisar um banco de dados obtido de experimentos de exigências nutricionais conduzidos no Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa, apresentaram os primeiros resultados, com valores de 24,89 e 76% para k_{prot} e k_{gord} , respectivamente. A partir das retenções diárias de energia, proteína e gordura corporais mensuradas em todos os animais do presente estudo e dos respectivos consumos de energia metabolizável, procurou-se estimar k_{prot} e k_{gord} ,

respectivamente. A equação de regressão obtida do CEM (Mcal/kg PCVZ^{0,75}/dia) em função da variação da quantidade de proteína (Var_{prot.}, kg/dia) e gordura (Var_{gord.}, kg/dia) corporais foi a seguinte:

$$\text{CEM} = 0,121 + 24,7 \text{ Var}_{\text{prot.}} + 14,1 \text{ d Var}_{\text{gord.}}, r^2 = 0,84, S_{xy} = 0,017.$$

De acordo com essa equação, as eficiências de uso da energia metabolizável para síntese de proteína e gordura seriam de, respectivamente, 23,08% (5,7/24,7) e 67,38% (9,5/14,1), sendo o intercepto a estimativa das exigências de energia metabolizável para manutenção (121 Mcal/kg de PCVZ^{0,75}). Williams & Jenkins (2003b) obtiveram valor idêntico do intercepto e valores de k_{prot} e k_{gord} de, respectivamente, 18 e 62%. Ao se ajustar outra equação de regressão (CEM em função da energia retida como proteína, ER_{prot.}, ou como gordura, ER_{gord.}), porém com o mesmo objetivo de se estimar k_{prot} e k_{gord} , obteve-se os seguintes resultados:

$$\text{CEM} = 0,121 + 4,37 \text{ ER}_{\text{prot.}} + 1,50 \text{ ER}_{\text{gord.}}, r^2 = 83,8, S_{xy} = 0,017.$$

Segundo essa equação, k_{prot} e $k_{\text{gord.}}$ seriam de, respectivamente 22,88 (1/4,37) e 66,67% (1/1,50), sendo o intercepto idêntico. Percebe-se, portanto, que independentemente do tipo de equação utilizada, as estimativas obtidas são bastante próximas.

Entretanto, Williams & Jenkins (2003) alertaram que os valores obtidos com o uso dessas equações podem estar subestimados, uma vez que o modelo estaria, provavelmente, realizando pouca partição da energia metabolizável para manutenção e suporte de metabolismo para animais com alto consumo de energia metabolizável. Desta forma, a concentração de energia líquida para ganho da dieta estaria sendo superestimada, resultando em valores mais baixos que o esperado para $k_{\text{prot.}}$ e $k_{\text{gord.}}$.

A literatura tem sugerido que há um incremento da ordem de 15% nas exigências de energia metabolizável para manutenção para cada múltiplo da energia metabolizável consumida acima do consumo necessário para a produção de calor em jejum, ou seja, para cada múltiplo de consumo em relação as exigências líquidas de energia para manutenção (Birkelo et al., 1991). O cálculo do fator de ajuste ao metabolismo parece necessário, visto que animais que apresentam maiores consumos em relação ao consumo necessário para manter o balanço energético zero, tendem a apresentar um incremento nas exigências de energia metabolizável para manutenção (Birkelo et al., 1991), uma vez que as funções de

ingestão, digestão, absorção e metabolismo dos nutrientes tornam-se mais intensas, acarretando em maiores gastos energéticos.

Tomando-se esse valor de 15% como referência, pode-se, então, estimar o custo energético relacionado ao suporte do metabolismo (Williams & Jenkins, 2003) dos animais analisados nesta pesquisa e, em seguida, reanalisar os dados, após ajustar para esse fator. A estimativa das exigências de energia metabolizável para manutenção obtida na equação acima foi utilizada para calcular o múltiplo do consumo de energia metabolizável (CEM) de cada animal em relação ao consumo para manutenção, pela relação CEM/0,121. O fator suporte de metabolismo foi calculado como sendo 15% das exigências para manutenção para cada múltiplo de consumo acima de 121 kcal/kg PCVZ^{0,75}. A estimativa do suporte ao metabolismo e as exigências de energia metabolizável para manutenção foram subtraídos do consumo de energia metabolizável e o valor resultante foi regredido em função da variação do conteúdo corporal de proteína e gordura, em kg/dia. A nova equação obtida, com o ajuste para suporte do metabolismo foi a seguinte:

$$\text{CEM} = 0,00025 + 20,96 \text{ Var}_{\text{prot.}} + 12,01 \text{ Var}_{\text{gord.}} \quad r^2 = 83,8\%; \text{ Sxy} = 0,0145.$$

O intercepto não foi estatisticamente diferente de zero ($P > 0,964$), demonstrando que as exigências de energia metabolizável para manutenção e o gasto energético para suporte do metabolismo foram totalmente contabilizados, e a porção restante do consumo de energia metabolizável foi então utilizada para a síntese de proteína e gordura. As eficiências de síntese de proteína e gordura, segundo essa nova equação, foram de 27,19 e 79,10%, respectivamente. Essas estimativas de $k_{\text{prot.}}$ e $k_{\text{gord.}}$ são superiores às encontradas por Williams & Jenkins (2003), respectivamente 21 e 73%, mas estão dentro da faixa considerada normal para animais ruminantes, que seria de 10 a 40% para $k_{\text{prot.}}$ e 60 a 80% para $k_{\text{gord.}}$ (Ferrell, 1984).

De acordo com a teoria estatística, em uma regressão linear múltipla, uma das pressuposições é que as variáveis preditoras são independentes, ou seja, não há relação alguma entre elas. Sabe-se que as deposições protéica e de gordura no corpo animal são eventos dinâmicos, complexos e altamente interligados. Desta forma, a “manobra” estatística utilizada para computar as eficiências parciais de síntese desses constituintes corporais já parte de um princípio matemático que não tem sentido biológico. Entretanto, é uma forma simples que pode ser utilizada para chegar aos valores de $k_{\text{prot.}}$ e $k_{\text{gord.}}$.

Conclusões

Bovinos Nelore jovens, de diferentes classes sexuais, não apresentam diferenças entre si quanto às exigências de energia para manutenção.

As exigências de líquidas de energia para manutenção foram de 75,92 kcal/kg PCVZ^{0,75} ou 66,81 kcal/kg PV^{0,75}.

As exigências de energia metabolizável para manutenção foram de 108,81 kcal/kg PCVZ^{0,75}, correspondentes aos valores de 95,18 Kcal/kg PV^{0,75} ou 22,32 kcal/kg de PV.

As exigências líquidas de energia para ganho de peso são 22,6% superiores em animais não-castrados e fêmeas em relação aos machos inteiros.

A energia retida em bovinos Nelore de diferentes classes sexuais, pode ser estimada a partir das equações: $ER = 0,0515 PCVZ^{0,75} * GPCVZ^{0,9384}$ (machos inteiros); $ER = 0,0696 PCVZ^{0,75} * GPCVZ^{0,9250}$ (machos castrados) e $ER = 0,0731 PCVZ^{0,75} * GPCVZ^{1,0175}$ (fêmeas).

As eficiências de uso da energia metabolizável para manutenção e ganho de peso não diferem entre bovinos Nelore de diferentes classes sexuais.

As eficiências de uso da energia metabolizável para síntese de proteína e gordura corporal em bovinos Nelore são ao redor de 27 e 79%.

Recomenda-se o valor de 22,32 Kcal/kg PV para se obter as exigências de energia metabolizável para manutenção de bovinos Nelore.

Literatura Citada

- AGRICULTURAL RESEARCH COUNCIL – ARC. **The nutrient requirements of ruminants livestock**. London: Cab, 1980. 351p.
- BALDWIN, R.L. Energy requirements for maintenance and production. In: BALDWIN, R.L. (Ed.) **Modeling ruminant digestion and metabolism**. London: Chapman & Hall, 1995. p.148-188.
- BIRKELO, C.P.; JOHNSON, D.E.; PHETTEOLACE, H.P. Maintenance requirements of beef cattle as affected by season and different planes of nutrition. **Journal of Animal Science**, v.69, p.1214-1222, 1991.
- BOIN, C. Alguns dados sobre exigências de energia e de proteína de zebuínos. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS DE RUMINANTES, 1., 1995, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 1995. p.457-466.
- BORGES, A.L.C.C. **Exigências nutricionais de proteína e energia de novilhas das raças Guzerá e Holandesa**. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 2000. 90p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Minas Gerais, 2000.
- CALEGARE, L.N.P. **Exigências e eficiência energética de vacas de corte Nelore e de cruzamentos *Bos taurus* x Nelore**. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2004. 79p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2004.
- CATON, J.S.; BAUER, M.L.; HIDARI, H. Metabolic components of energy expenditure in growing beef cattle – review. **Asian-Australasian Journal of Animal Science**, v.13, n.5, p.702-710, 2000.
- COMMONWEALTH SCIENTIFIC AND INDUSTRIAL RESEARCH ORGANIZATION – CSIRO. **Feeding standards for Australian livestock – ruminants**. Victoria: CSIRO Publishing, 1990. 266p.
- DAWSON, L.E.R.; STEEN, R.W.J. Estimation of maintenance energy requirements of beef cattle and sheep. **Journal of Agriculture Science**, v.131, p.477-485, 1998.
- FERRELL, C.L. Sources of variation in animal energy expenditures. In: INTERNACIONAL WORKSHOP ON MODELLING OF RUMINANT DIGESTION AND METABOLISM, 2., 1984, Davis. **Proceedings...** Davis: University of California, 1984. p.100-105.
- FERRELL, C.L.; JENKINS, T.G. Body composition and energy utilization by steers of diverse genotypes fed a high-concentrate diet during the finishing period: I. Angus, Belgian Blue, Hereford, and Piedmontese sires. **Journal of Animal Science**, v.76, p.637-646, 1998a.
- 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, 1998b.

- FERRELL, C.L.; JENKINS, T.G. Cow type and the nutritional environment: Nutritional aspects. **Journal of Animal Science**, v.61, n.3, p.725-741, 1985a.
- FERRELL, C.L.; JENKINS, T.G. Energy utilization by Hereford and Simmental males and females. **Animal Production**, v.41, p.53-61, 1985b.
- FRISCH, J.E.; VERCOE, J.E. Food intake, eating rate, weight gains, metabolic rate and efficiency of feed utilization in *Bos taurus* e *Bos indicus* crossbred cattle. **Animal Production**, v.25, n.343-358, 1977.
- FULLER, W.A. **Measurement error models**. New York: John Wiley and Sons, 1987. 440p.
- GARRETT, W.N. Energy utilization by growing cattle as determined in 72 comparative slaughter experiments. In: SYMPOSIUM OF ENERGY METABOLISM, 8., 1980, Cambridge. **Proceedings...** Cambridge: Butterworths, 1980a. p.3-7.
- HARRIS, L.F. **Nutrition research technique for domestic and wild animal**. 1.ed. Logan: Utah State Univeristy Publisher, 1970. paginação descontinua.
- HUNTINGTON, G.B.; REYNOLDS, C.K. Oxygen consumption and metabolite flux of bovine portal-drained viscera and liver. **Journal of Nutrition**, v.117, p.1167-1173, 1987.
- JOHNSTON, D. Genetic prediction of efficiency in the future: an Australian perspective. In: BEEF IMPROVEMENT FEDERATION ANNUAL RESEARCH SYMPOSIUM AND ANNUAL MEETING, 34., 2002, Omaha. **Proceedings...** Omaha: Beef Improvement Federation, 2002. p.54-62.
- JOHNSON, D.E.; FERRELL, C.L.; JENKINS, T.G. The history of energetic efficiency research: where have we been and where are we going? **Journal of Animal Science**, v.81, n.13, p.27-38, 2003 (suppl. 1).
- KELLEY, A.L. The relationship of genetics and nutrition and their influence on animal performance. In: BEEF IMPROVEMENT FEDERATION ANNUAL RESEARCH SYMPOSIUM AND ANNUAL MEETING, 38., 2006, Choctaw. **Proceedings...** Choctaw: Beef Improvement Federation, 2006. p.84-90.
- LANA, R.P.; FONTES, C.A.A.; PERON, A.J. et al. Composição corporal e do ganho de peso e exigências de energia, proteína e macroelementos minerais (Ca, P, Mg, Na e K) de novilhos de cinco grupos raciais. 2. Exigências de energia e proteína. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.21, n.3, p.528-535.
- 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 - NRC. **Nutrient requirements of beef cattle**. 7 rev.ed. Washington, D.C.: National Academy Press, 2000. 242p.
- PAULINO, P.V.R.; COSTA, M.A.L.; VALADARES FILHO, S.C. et al. Exigências nutricionais de zebuínos. Energia. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.3, p.781-791, 2004.
- PRESTON, R.L. Feed composition tables. **Beef Magazine**, v.42, n.7, p.50-67, 2006.

- RABELO, L.S. **Determinação das exigências nutricionais de Ca, P, Mg, Na e K em novilhas das raças Guzerá e Holandesa.** Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 2004. 70p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Minas Gerais, 2004.
- REGAZZI, J.A. Teste para verificar a identidade de modelos de regressão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.31, n.1, p.1-17, 1996.
- REYNOLDS, C.K.; TYRRELL, H.F.; REYNOLDS, P.J. Effects of diet forage-to-concentrate ration and intake on energy metabolism in growing beef heifers: whole body energy and nitrogen balance and visceral heat production. **Journal of Nutrition**, v.121, p.994-1003, 1991.
- REGAZZI, J.A. Teste para verificar a igualdade de parâmetros e a identidade de modelos de regressão não-linear. **Revista Ceres**, v.50, n.287, p.09-26, 2003.
- SAINZ, R.D.; BARIONI, L.G.; PAULINO, P.V.R. et al. Growth patterns of Nellore vs. British beef cattle breeds assessed using a dynamic, mechanistic model of cattle growth and composition. In: KEBREAB, E.; DIJKSTRA, J.; BANNINK, A. et al. (Eds.) **Nutrient digestion and utilization in farm animals: modeling approaches.** Wageningen: Cabi Publishing, 2006. 480p.
- SHUEY, S.A.; BIRKELO, C.P.; MARSHALL, D.M. The relationship of the maintenance energy requirement to heifer production efficiency. **Journal of Animal Science**, v.71, p.2253-2259, 1993.
- SILVA, F.F.; VALADARES FILHO, S.C.; ÍTAVO, L.C.V. et al. Composição corporal e requisitos energéticos e protéicos de bovinos Nelore, não-castrados, alimentados com rações contendo diferentes níveis de concentrado e proteína. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.1, p.503-513, 2002a (supl.).
- SILVA, F.F.; VALADARES FILHO, S.C.; ÍTAVO, L.C.V. et al. Exigências líquidas e dietéticas de energia, proteína e macroelementos minerais de bovinos de corte no Brasil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.2, p.776-792, 2002b.
- TEDESCHI, L.O.; BOIN, C.; FOX, D.G. et al. Energy requirements for maintenance and growth of Nellore bulls and steers fed high-forage diets. **Journal of Animal Science**, v.80, p.1671-1682, 2002.
- VALADARES FILHO, S.C.; PAULINO, P.V.R.; MAGALHÃES, K.A. Exigências nutricionais de bovinos de corte. In: SIMPÓSIO DE PECUÁRIA DE CORTE – “REALIDADE E DESAFIOS”, 3., 2003, Lavras. **Anais...** Universidade Federal de Lavras, 2003. p.43-71.
- VALADARES FILHO, S.C.; PAULINO, P.V.R.; MAGALHÃES, K.A. Exigências nutricionais de bovinos de corte no Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ZOOTECNIA – ZOOTEC, 10., 2005, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande: Universidade Estadual do Mato Grosso do Sul, 2005a. p.1-31.
- VALADARES FILHO, S.C.; PAULINO, P.V.R.; SAINZ, R.D. Desafios metodológicos para determinação das exigências nutricionais de bovinos de corte no Brasil. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 42., 2005, Goiânia. **Anais...** Goiânia: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2005b. p.261-287.

- 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.8, p.2379-2389, 2000 (supl. 2).
- WILLIAMS, C.B.; JENKINS, T.G. A dynamic model of metabolizable energy utilization in growing and mature cattle. I. Metabolizable energy utilization for maintenance and support metabolism. **Journal of Animal Science**, v.81, p.1371-131381, 2003a.
- WILLIAMS, C.B.; JENKINS, T.G. A dynamic model of metabolizable energy utilization in growing and mature cattle. III. Model evaluation. **Journal of Animal Science**, v.81, p.1390-1398, 2003b.

Exigências nutricionais de bovinos Nelore de diferentes classes sexuais.

II. Proteína

Resumo - O objetivo neste trabalho foi determinar as exigências de proteína de bovinos Nelore de diferentes classes sexuais. Foram utilizados 47 animais, sendo 16 machos inteiros, 15 machos castrados e 16 fêmeas, alimentados em baias individuais por 112 dias, e abatidos ao final. Onze animais (quatro machos inteiros, três machos castrados e quatro fêmeas) foram abatidos ao início do experimento, compondo o grupo referência, que foi utilizado para estimar a composição corporal inicial dos animais. Os demais animais foram aleatoriamente distribuídos em 6 tratamentos, em esquema fatorial 3 x 2 (três classes sexuais e dois níveis de oferta de concentrado), com quatro repetições por tratamento. Quatro animais de cada classe sexual foram designados também ao grupo manutenção. Os níveis de concentrado utilizados foram correspondentes à oferta de 0,6 ou 1,2% do PV. As dietas foram isoprotéicas, sendo silagem de milho o volumoso empregado. O conteúdo de proteína retido no corpo foi estimado por meio de equação de regressão do logaritmo do conteúdo corporal de proteína, em função do logaritmo do peso de corpo vazio (PCVZ). Derivando-se a equação de predição do conteúdo corporal de proteína, foram obtidas as exigências líquidas de proteína, para ganho de 1 kg de PCVZ. As exigências líquidas de proteína para ganho diminuíram com o aumento do peso vivo (PV) dos animais, sendo maiores para os machos inteiros, intermediárias para os machos castrados e inferiores para as fêmeas, podendo ser estimadas pelas equações: $PR = 14,78 + 175,86 \text{ GPVJ} - 2,95 \text{ ER}$ (machos inteiros), $PR = 25,62 + 139,81 \text{ GPVJ} - 7,43 \text{ ER}$ (machos castrados); $PR = 18,13 + 177,27 \text{ GPVJ} - 16,57 \text{ ER}$ (fêmeas). Machos inteiros apresentam maiores exigências líquidas de proteína para ganho de peso de corpo vazio em relação aos machos castrados e as fêmeas, que demandam menor quantidade que os machos castrados, refletindo as variações observadas na composição corporal entre as três classes sexuais.

Palavras-chave: bovinos de corte, proteína metabolizável, proteína bruta

Nutritional requirements of Nellore bulls, steers and heifers. II. Protein

Abstract - The objective of this trial was to determine the protein requirements of Nellore bulls, steers and heifers. Forty-seven animals were used (16 bulls, 15 steers and 16 heifers), being fed in individual pens for 112 days, and slaughtered at the end of this period. Eleven animals (4 bulls, 3 steers and 4 heifers) were slaughtered at the beginning of the trial, composing the reference group, which was used to estimate the initial body composition of the animals. The remaining animals were randomly assigned to 6 treatments, in a factorial design, 3 x 2 (3 sexual classes and 2 concentrate allowance levels), with four replicates per treatment. Four animals of each sexual class were designated to the maintenance group. The concentrate allowance levels used corresponded to the allowance of 0.6 or 1.2% of the body weight. The diets were formulated to be isoproteic, with corn silage the source of roughage. The protein content retained in the body was estimated by a regression equation of the logarithm of the body content of protein on the logarithm of the empty body weight (EBW). The net requirements of protein for 1 kg of empty body gain (EBG) were estimated as the derivative of the regression equation described above. The net protein requirements of EBG decreased as the live weight increased, being greater for the bulls, intermediate for the steers and lower for the heifers. The retained protein (RP) can be estimated by the equations: $RP = 14,78 + 175,86 \text{ EBG} - 2,95 \text{ RE}$ (bulls), $RP = 25,62 + 139,81 \text{ EBG} - 7,43 \text{ RE}$ (steers); $RP = 18,13 + 177,27 \text{ EBG} - 16,57 \text{ RE}$ (heifers). Bulls had higher net requirements of protein for empty body gain in relation to the steers and heifers, being lower for the heifers in relation to the steers, reflecting the differences observed in the body composition among the three sexual classes.

Key Words: beef cattle; metabolizable protein, crude protein

Introdução

A proteína é um dos nutrientes essenciais para os seres vivos, estando envolvida em funções vitais diversas no organismo tais como: crescimento e reparo dos tecidos, catálise enzimática, transporte e armazenamento, movimento coordenado, sustentação mecânica, proteção imunitária, geração e transmissão de impulsos nervosos, controle do metabolismo, do crescimento e da diferenciação celular. Portanto, garantir adequado suprimento protéico aos animais significa provê-los de um nutriente essencial para manutenção de sua homeostase, propiciando a produção de carne de forma eficiente. Os ruminantes apresentam peculiaridades em sua nutrição protéica, porém, suas demandas em proteína são atendidas através de aminoácidos absorvidos no intestino delgado, como em qualquer outro animal, apesar de grande parte da proteína absorvível (50 a 80%) ser advinda da proteína microbiana sintetizada no rúmen (Bach et al., 2005).

Apesar de sua importância, a proteína verdadeira é o nutriente de mais alto custo nas dietas de bovinos de corte, sendo que sua inclusão de forma desequilibrada resulta em elevação nos custos de produção (Cavalcante et al., 2005). Diversos trabalhos têm sido conduzidos visando avaliar sua substituição por fontes alternativas e de mais baixo custo, como a uréia, visando atender as exigências dos animais de forma mais econômica (Magalhães et al., 2005). Aliado ao seu alto custo, o excesso de proteína na dieta resulta em alterações reprodutivas e em aumento nas excreções de uréias nas fezes e na urina, que, quando convertida a amônia, passa a representar um composto que pode se tornar sério poluente, principalmente em ecossistemas frágeis (Klemesrud et al., 2000). Desta forma, existem demandas da sociedade mundial sobre os sistemas de produção animal, principalmente os mais intensificados, para que adotem medidas que visem a reduzir seu impacto ambiental. Neste contexto, a correta formulação das dietas, atendendo exatamente as exigências protéicas dos animais é uma das formas de se garantir que excessos de uréia não serão excretados para o ambiente (Todd et al., 2006). Evidentemente, que essa medida só pode ser tomada quando se conhecem as exigências de proteína dos animais.

As exigências protéicas para bovinos de corte podem ser subdivididas em exigências para manutenção, crescimento, gestação e lactação (NRC, 2000). A demanda de proteína para manutenção de um bovino equivale às perdas metabólicas fecais e urinárias, além daquelas perdas de proteína por descamação. Wilkerson et al. (1993) encontraram estimativa de exigência de proteína metabolizável para manutenção de 3,8 g/kg PV^{0,75}/dia, valor adotado pelo NRC (2000).

Existe, ainda, número reduzido de trabalhos em condições brasileiras envolvendo a mensuração das exigências de proteína para manutenção. Ezequiel (1987) obteve exigências de proteína metabolizável para manutenção de 1,72 e 4,28 g/kg PV^{0,75}/dia para novilhos Nelore e Holandês, respectivamente, enquanto Valadares et al. (1997) estimaram exigências de proteína metabolizável para manutenção de 4,13 g/kg PV^{0,75}/dia. Recentemente, Vêras (2006), trabalhando com bovinos Nelore de três classes sexuais (machos inteiros, machos castrados e fêmeas), encontrou valor único para as três classes de 4,03 g/kg^{0,75}/dia.

Por outro lado, as exigências líquidas de proteína para crescimento e terminação são dependentes do conteúdo de matéria seca livre de gordura no peso ganho. Desta forma, sua quantificação é dependente da mensuração da composição corporal dos animais, variando, assim, com o peso, ganho de peso, grupo genético, sexo, efeitos dietéticos e nutricionais (Fox & Black, 1984). Em decorrência dessa variação no conteúdo do ganho, observa-se que os requerimentos líquidos de proteína para ganho são maiores em bovinos inteiros do que em castrados e em animais de maturidade tardia que animais mais precoces (Geay, 1984), uma vez que machos inteiros depositam mais tecido magro no corpo que machos castrados (Vanderwert et al., 1985), que, por sua vez, depositam mais que fêmeas de mesma idade (Berg & Butterfield, 1976). A partir do conhecimento da eficiência de utilização da proteína, pode-se converter as exigências líquidas em exigências de proteína metabolizável, que englobam a proteína não-degradada no rúmen digestível e a proteína microbiana verdadeira digestível, ou seja, a quantidade de aminoácidos disponíveis para absorção no intestino delgado.

Bailey & Duff (2005) citaram que machos inteiros de mesmo peso utilizam proteína de forma mais eficiente que machos castrados e, portanto, não deveriam

apresentar maiores requerimentos de proteína bruta. No entanto, esses autores sugeriram que mais trabalhos de pesquisa sejam realizados visando detectar diferenças entre classe sexual quando às suas exigências de proteína. Praticamente não há relatos na literatura de trabalhos em que se procurou estimar possíveis diferenças nas exigências protéicas de bovinos Nelore de diferentes classes sexuais, sendo este o objetivo neste trabalho.

Material e Métodos

O experimento foi realizado no confinamento experimental do Laboratório Animal do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa entre os meses de outubro de 2004 a janeiro de 2005. Foram utilizados 47 animais, sendo 16 machos inteiros, 15 machos castrados e 16 fêmeas. Os animais provieram de um mesmo rebanho comercial e foram utilizados em um experimento prévio, quando foram alimentados com uma mesma dieta (11,80% de PB e 56,90% de NDT) durante 77 dias. Imediatamente após o término desse experimento prévio, 11 animais (quatro machos inteiros, três machos castrados e quatro fêmeas) foram abatidos, de forma a comporem o grupo referência, que foi utilizado para determinação da composição inicial do corpo vazio dos demais animais. O abate foi realizado após jejum de 16 horas. Os animais remanescentes permaneceram alojados no confinamento experimental, em baias individuais, com dimensões de 1,80 m de largura por 18,80 m de comprimento, totalizando 33,84 m². Desse total, 11,88 m² (1,80 x 6,60 m) eram de piso de concreto e cobertos com telha de amianto. Cada baia era provida de comedouro (1,60 m linear) e bebedouro de concreto. Os animais foram dispostos nas instalações de forma que os machos inteiros e as fêmeas ficaram localizados nos extremos, com os machos castrados na posição intermediária, no sentido de evitar problemas no manejo dos animais em consequência da proximidade dos machos inteiros com as fêmeas.

Cada unidade experimental foi representada por um animal. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, em esquema fatorial 3x2, respectivamente, três classes sexuais (machos inteiros, machos castrados e fêmeas) e dois níveis de oferta de concentrado (0,6 e 1,2% do peso vivo), constituindo, portanto, seis tratamentos. Os tratamentos foram alocados,

aleatoriamente, a cada unidade experimental, com quatro repetições por tratamento. Além desses tratamentos, quatro animais de cada classe sexual foram aleatoriamente destinados ao grupo manutenção, em que foram alimentados com a dieta com oferta de 0,6% do PV em concentrado, porém com quantidade fornecida limitada a 1,0-1,2% do peso vivo.

Ao início do experimento os animais estavam com idade média de 24 meses e apresentando pesos vivos médios de $342,64 \pm 3,82$; $322,20 \pm 5,71$ e $296,94 \pm 4,22$ kg, respectivamente, para os machos inteiros, machos castrados e fêmeas.

Os animais foram adaptados às dietas experimentais durante uma semana. As dietas experimentais foram formuladas de forma a serem isoprotéicas, utilizando-se silagem de milho como alimento volumoso. Os concentrados experimentais foram formulados com fubá de milho, farelo de algodão 42%, uréia/sulfato de amônio, calcáreo calcítico, cloreto de sódio (sal branco) e mistura mineral comercial. A composição dos concentrados experimentais está apresentada na Tabela 1.

Tabela 1 - Composição dos concentrados experimentais, na base da matéria natural, em função dos níveis de oferta de concentrado

| Ingrediente (%) | Níveis de oferta de concentrado (% do PV) | |
|------------------------------|---|------|
| | 0,6 | 1,2 |
| Fubá de milho | 58,9 | 83,2 |
| Farelo de algodão 42% | 33,9 | 13,2 |
| Uréia/sulfato de amônio | 3,0 | 1,50 |
| Sulfato de amônio | 0,3 | 0,15 |
| Calcáreo calcítico | 2,0 | 1,0 |
| Cloreto de sódio | 1,1 | 0,55 |
| Mistura mineral ¹ | 1,1 | 0,55 |

¹ Composição da mistura mineral, por kg do produto: cálcio, 240g; fósforo, 174 g; cobalto, 100 mg; cobre, 1.250 mg; ferro, 1795mg; flúor (máx), 1.740 mg; iodo, 90 mg; manganês, 2.000 mg; zinco, 5.270 mg; selênio, 15 mg; veículo q.s.p., 1000 g.

O experimento teve duração de 112 dias, sendo subdividido em quatro períodos experimentais de 28 dias cada. Os alimentos (volumoso + concentrado) foram fornecidos duas vezes ao dia (6h30 e 15h30), com cerca de 60% da quantidade diária fornecida de manhã e os 40% restantes na parte da tarde. A

quantidade de concentrado fornecida foi ajustada a cada 28 dias, quando os animais eram pesados, sendo todas as pesagens realizadas após jejum de 16 horas. As sobras foram diariamente coletadas, pesadas e amostradas, por animal, sendo acondicionadas em sacos plásticos devidamente identificados. Foram mantidas em freezer a -20°C e, após cada semana, as amostras de sobras foram descongeladas, homogeneizadas e uma sub-amostra foi retirada, pesada, pré-seca em estufa de ventilação forçada a 65°C por 36 horas e moídas em moinho com peneira de 1,0 mm e acondicionadas em recipientes plásticos identificados por animal. Amostras de quatro semanas consecutivas, já moídas, foram utilizadas para obtenção de uma amostra composta de sobras, por animal, por período de 28 dias. Nesse sentido, para cada animal obtiveram-se quatro amostras compostas de sobras, que foram armazenadas em local fresco e arejado para posteriores análises laboratoriais.

Amostras da silagem de milho também foram obtidas diariamente, compostas por semana, pré-secas, moídas e armazenadas. Desta forma, o volumoso utilizado foi analisado semanalmente. Os ingredientes dos concentrados (milho e farelo de algodão) foram coletados a cada preparo, totalizando três amostras de cada ingrediente ao longo do experimento.

Ensaio de digestibilidade foram realizados em cada período experimental, sempre no seu terço médio, ou seja, no meio da segunda semana de cada período de 28 dias. Durante os ensaios, foram coletadas amostras de fezes de cada animal em dois dias consecutivos, diretamente no piso das baias e imediatamente após a defecação. No primeiro dia as fezes foram coletadas no período da manhã e no dia subsequente no período da tarde. As amostras de fezes foram acondicionadas em pratos de alumínio e levadas à estufa de ventilação forçada a 65°C , durante 72 horas, sendo homogeneizadas diariamente como forma de acelerar o processo de secagem. Depois de secas, foram moídas em moinho com peneira de 1,0 mm e, em seguida, acondicionadas em recipientes de plástico. Para cada animal, e por período, foram obtidas duas amostras de fezes (manhã e tarde), que foram proporcionalmente homogeneizadas, depois de secas e moídas, formando uma amostra composta. Desta forma, ao longo de todo o período experimental obtiveram-se quatro amostras compostas de fezes para cada animal. A excreção fecal foi estimada a partir da técnica do indicador interno, conforme Cochran et al. (1986), sendo a fibra em detergente ácido indigestível

(FDAi) o indicador utilizado. Os teores de FDAi nas amostras de fezes, sobras e dos alimentos fornecidos (silagem de milho e concentrados) foram obtidos como sendo o resíduo resultante após tratamento das amostras - incubadas *in situ* por um período de 144 horas – com detergente ácido (FDA). As digestibilidades da matéria seca, da matéria orgânica, bem como de todos os demais nutrientes analisados (PB, EE, CNF e FDN), foram obtidas a partir da seguinte fórmula:

$$\text{Digestibilidade } i = \frac{(\text{Quantidade ingerida } i - \text{Quantidade excretada } i)}{\text{Quantidade ingerida } i} \times 100,$$

sendo *i* o constituinte analisados (MS, MO, PB, EE, CNF ou FDN)

Como foram realizados quatro ensaios de digestibilidade ao longo do experimento, utilizou-se a média das digestibilidades dos nutrientes para fins de cálculo das concentrações energéticas das dietas.

As amostras da silagem de milho e dos ingredientes dos concentrados (fubá de milho e farelo de algodão), das sobras e das fezes foram analisadas em laboratório quanto aos seus teores de matéria seca (MS), matéria mineral (MM), nitrogênio total e extrato etéreo (EE), seguindo as recomendações de Silva & Queiroz (2002). A matéria orgânica foi obtida como sendo 100 – MM, e o teor de proteína bruta (PB) a partir do produto do N total e o fator 6,25. Os teores de fibra em detergente neutro (FDN) e nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN) foram obtidos de acordo com os protocolos descritos por Van Soest et al. (1991). A fibra em detergente ácido, o nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA) e a lignina (LIG) (ácido sulfúrico 72%) foram obtidos pelo método sequencial de Van Soest & Robertson (1980). Utilizou-se o sistema ANKOM para as determinações de FDN e FDA, com modificação do saquinho utilizado (5,0 x 5,0 cm, porosidade de 100 µm), que foi confeccionado no próprio laboratório de nutrição animal do Departamento de Zootecnia, utilizando-se tecido TNT. Alpha-amilase estável ao calor foi empregada nas análises de FDN, cujas amostras dos alimentos, das sobras e das fezes não foram corrigidas para cinzas.

Os carboidratos não fibrosos (CNF) foram calculados de acordo com o NRC (2001), como: CNF (%) = 100 – (%FDN + (%PB – %PIDN) + %EE + %cinzas). Para os concentrados, em virtude da presença de uréia em suas constituições, o

teor de CNF foi calculado como proposto por Hall (2000), sendo $CNF = 100 - ((\%PB - \%PB \text{ derivado da uréia} + \text{peso \% da uréia}) + \%FDNp + \%EE + \%cinzas)$.

A densidade energética das dietas experimentais, expressa em termos de nutrientes digestíveis totais, foi determinada a partir da fórmula recomendada pelo NRC (2001): $NDT (\%) = PBD + 2,25 \times EED + CNFD + FDND$, sendo que PBD, EED, CNFD e FDNpD significam, respectivamente, proteína bruta digestível, extrato etéreo digestível, carboidratos não-fibrosos digestíveis e fibra em detergente neutro (isenta de proteína) digestível. A concentração de energia digestível (ED) das dietas foi obtida pela equação proposta pelo NRC (2001): $ED (\text{Mcal/kg MS}) = 5,6 \times PBD + 9,4 \times EED + 4,2 \times FDND + 4,2 \times CNFD$. Já as concentrações de energia metabolizável (EM) foram consideradas como sendo 82% da ED (NRC, 2000).

As composições químico-bromatológicas da silagem de milho, dos ingredientes dos concentrados e das dietas experimentais estão apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2 - Composição químico-bromatológica da silagem de milho, do fubá de milho, do farelo de algodão e das dietas experimentais, expressa na base da MS (%)

| Item | Silagem de milho | Fubá de milho | Farelo de algodão | D1 | D2 |
|----------------|------------------|---------------|-------------------|-------|-------|
| MS | 24,34 | 87,13 | 87,02 | 40,25 | 55,95 |
| MO | 94,46 | 98,88 | 93,52 | 94,44 | 94,80 |
| MM | 5,54 | 1,12 | 6,48 | 5,56 | 5,20 |
| PB | 6,17 | 9,07 | 46,87 | 12,06 | 12,10 |
| NIDN | 21,70 | 9,95 | 3,41 | 18,02 | 15,20 |
| NIDA | 8,87 | 3,82 | 2,11 | 7,39 | 6,16 |
| EE | 2,77 | 3,32 | 2,80 | 2,80 | 2,95 |
| FDN | 60,87 | 12,43 | 31,94 | 50,15 | 37,68 |
| FDNp | 59,16 | 11,53 | 30,35 | 48,60 | 36,35 |
| CNF | 26,08 | 75,08 | 13,51 | 32,11 | 44,61 |
| FDA | 37,49 | 3,57 | 25,23 | 30,76 | 21,88 |
| LIG | 5,05 | 0,76 | 9,41 | 4,69 | 3,46 |
| NDT | - | - | - | 62,41 | 67,91 |
| ED, Mcal/kg MS | - | - | - | 2,72 | 2,95 |
| EM, Mcal/kg MS | - | - | - | 2,23 | 2,42 |

D1 – Dieta composta por aproximadamente 75% de silagem de milho e 25% de concentrado ou 0,6% do PV em concentrado, na base da matéria seca total.

D2 – Dieta composta por aproximadamente 50% de silagem de milho e 50% de concentrado ou 1,2% do PV em concentrado, na base da matéria seca total.

Todos os animais, exceto os referência, obviamente, foram abatidos ao término do experimento. No entanto, em virtude de limitações físicas do abatedouro da Universidade Federal de Viçosa, onde as carcaças foram armazenadas, foi possível abater somente seis animais em cada dia de abate. Como as avaliações das carcaças foram realizadas um dia após o abate, foram necessários seis dias alternados para que todos os animais fossem abatidos. Todos os animais foram pesados, após jejum de sólidos de 16 horas, e abatidos em seguida, por concussão cerebral, seguida de sangria, via veia jugular. O sangue foi recolhido em recipiente plástico, amostrado e pesado. Todas as partes constituintes do corpo animal [cabeça, patas, cauda, couro, aparelho gastrointestinal (rúmen, retículo, omaso, abomaso, intestino delgado, intestino grosso), órgãos internos (pulmões, rins, coração, baço, fígado), gordura interna, mesentério, língua, diafragma, aparas (esôfago, traquéia, laringe, aparelho reprodutivo), e meia-carcaças esquerda e direita] foram pesados, sendo que o trato gastrointestinal foi devidamente esvaziado e lavado previamente à sua pesagem. A carcaça foi dividida ao meio, com o uso de uma serra elétrica, resultando em duas meia-carcaças: direita e esquerda. Amostras de cada um desses constituintes, exceto da carcaça, foram tomadas imediatamente após sua pesagem, e acondicionadas em sacos plásticos devidamente identificados. O peso de corpo vazio (PCVZ) de cada animal foi obtido pelo somatório de todas as partes constituintes do corpo descritas acima, mais o sangue. Para obtenção do peso de corpo vazio inicial dos animais que permaneceram no experimento, utilizou-se a relação PCVZ/PV obtida nos animais referência, dentro de cada classe sexual. A composição da carcaça e do corpo vazio como um todo obtida nos animais referência foi utilizada para obter as composições iniciais dos demais animais, sempre dentro de cada classe sexual separadamente.

Ao término de cada abate, as carcaças foram transportadas para o abatedouro da Universidade Federal de Viçosa e resfriadas a 0°C por um período de 18 a 24 horas. As amostras do aparelho gastro-intestinal, dos órgãos internos, da língua, das aparas, do mesentério, da gordura interna e do diafragma, foram proporcionalmente pesadas e agrupadas, compondo uma amostra composta - denominada de órgãos + vísceras -, que foi, em seguida, moída. O sangue amostrado foi transferido para recipientes plásticos, pesado, e levado a estufa de ventilação forçada a 65°C, para secagem. Depois de seco, foi novamente pesado

para determinação do seu teor de matéria seca, e moído em moinho de bola, sendo acondicionado em recipientes plásticos, para posteriores determinações dos seus teores de extrato etéreo e proteína bruta.

Dentro de cada tratamento, foi sorteado um animal, aleatoriamente, do qual reteve-se a cabeça e dois membros (um anterior e um posterior). A cabeça foi dissecada, em couro, tecido mole e osso e os membros em couro, tendões e ossos. O peso do couro obtido na dissecação da cabeça e dos membros foi adicionado ao couro retirado no momento do abate, obtendo-se, assim, o peso total do couro de cada animal. O tecido mole da cabeça e os tendões dos membros foram moídos, enquanto os ossos foram serrados, sendo todos amostrados e armazenados para posteriores análises laboratoriais. As composições física e química da cabeça e dos membros, obtidas nos animais sorteados, dentro de cada tratamento, foram utilizadas para a obtenção das composições dos demais animais pertencentes ao mesmo tratamento.

Trancorrido o resfriamento, as carcaças direita dos animais foram dissecadas, quando houve separação dos tecidos adiposo, muscular e ósseo. Após a separação, os tecidos adiposo e muscular foram pesados e moídos separadamente. Após a moagem obteve-se, de forma proporcional, uma amostra composta, denominada de músculo + gordura da carcaça. Os ossos da carcaça foram subdivididos em três classes: ossos longos (representados pelos ossos dos membros anteriores e posteriores e da pelve), costelas e vértebras. Os ossos, dentro de cada classificação, foram pesados, serrados e amostrados separadamente. No momento do processamento das amostras da carcaça, os ossos foram pesados proporcionalmente e homogeneizados, constituindo uma amostra composta representativa da carcaça, denominada de amostra de ossos da carcaça.

As amostras dos ossos e a composta de músculo + gordura foram armazenadas em freezer a -20°C para posteriores determinações de seus teores de matéria seca, extrato etéreo e proteína.

As amostras (200 g cada) de couro, cauda, tecido mole da cabeça, osso da cabeça, tendões, osso dos membros, órgãos + vísceras, músculo + gordura da carcaça e ossos da carcaça foram acondicionadas em vidros com capacidade aproximada de 500 mL, pesadas e levadas à estufa a 105°C , por um período de

48 a 96 horas, dependendo da amostra, sendo diariamente remexidas, para determinação de seu teor de matéria seca gordurosa (MSG).

Posteriormente, as amostras foram pesadas novamente, tiveram a gordura removida dos vidros e foram submetidas a lavagens sucessivas com éter de petróleo, com o intuito de se obter a matéria seca pré-desengordurada (MSPD). Em seguida, foram moídas em moinho de bola, acondicionadas em recipientes plásticos e devidamente armazenadas para posteriores determinações laboratoriais quanto aos seus teores de matéria seca, extrato etéreo e proteína. A gordura removida no pré-desengorduramento foi calculada pela diferença entre a MSG e a MSPD, cujo resultado foi adicionado aos obtidos para o extrato etéreo residual na MSPD, para determinação do teor total de gordura nas amostras.

As determinações de matéria seca, extrato etéreo e do nitrogênio total das amostras dos constituintes corporais foram realizadas de acordo com recomendações de Silva & Queiroz (2002), sendo o teor de proteína bruta obtido pelo produto entre o nitrogênio total e o fator 5,88, conforme sugerido por Baldwin (1995). A partir dos teores de proteína e extrato etéreo, obtidos nas amostras de todos os constituintes corporais, conforme descrito previamente, obteve-se o teor de extrato etéreo e proteína no corpo vazio dos animais. A partir da composição inicial, estimada pelos animais abatidos ao início do experimento, determinou-se a quantidade de proteína e extrato etéreo retidos no corpo, o que permitiu determinar a energia retida.

A determinação da energia corporal foi obtida a partir dos teores corporais de proteína e extrato etéreo (denominado de gordura a partir de desse ponto) e seus respectivos equivalentes calóricos, conforme a equação preconizada pelo ARC (1980):

$$CE = 5,6405X + 9,3929Y,$$

em que: CE = conteúdo energético (Mcal); X = proteína corporal (kg); Y = gordura corporal (kg).

O conteúdo de proteína retido no corpo dos animais de cada cada classe sexual, e para todas as classes, em conjunto, foi estimado por meio de equações de regressão do logaritmo do conteúdo corporal de proteína, respectivamente, em função do logaritmo do PCVZ, segundo o ARC (1980), conforme o seguinte modelo:

$$Y = a + bx + e,$$

em que: Y = logaritmo do conteúdo total de proteína (kg) retido no corpo vazio; a = constante; b = coeficiente de regressão do logaritmo do conteúdo de proteína, em função do logaritmo do PCVZ; X = logaritmo do PCVZ; e e = erro aleatório.

Para cada classe sexual, as equações foram elaboradas adicionando-se os valores relativos aos animais referência. As equações obtidas entre os logaritmos da proteína, em função do logaritmo do PCVZ tiveram seus parâmetros testados, entre as classes sexuais, pelo teste de identidade de modelos lineares preconizado por Regazzi (1996).

Derivando-se as equações de predição do conteúdo corporal de proteína, em função do logaritmo do PCVZ, foram obtidos as exigências líquidas de proteína, por kg de GPCVZ, a partir de equação do tipo:

$$Y' = b \cdot 10^a \cdot X^{b-1}$$

em que: Y' = exigências líquidas de proteína para ganho; a e b = intercepto e coeficiente de regressão, respectivamente, das equações de predição das exigências líquidas de proteína; e X = PCVZ (kg).

Para a conversão do PV em PCVZ, dentro do intervalo de pesos incluído no trabalho, calcularam-se as relações entre o PCVZ e o PV dos animais mantidos no experimento, dentro de cada classe sexual., que foram, então, utilizadas para conversão das exigências para ganho de PCVZ em exigências para ganho de PV.

Foram efetuadas equações de regressão entre a proteína retida (PR, g/dia), a energia retida (ER, Mcal/dia) e o ganho diário de peso vivo (GPV, kg/dia) utilizando-se o programa estatístico MINITAB.

Para conversão das exigências de proteína líquida em exigências de proteína degradável e não-degradável no rúmen e de proteína bruta, adotou-se protocolo recomendado pelo NRC (2000).

Resultados e Discussão

A relação PCVZ/PV não foi afetada por classe sexual ($P > 0,34$), nível de oferta de concentrado ($P > 0,77$), nem pela interação entre as duas fontes de variação ($P > 0,83$), apresentando valor médio de 0,9356, que é superior ao valor

sugerido pelo NRC (2000) de 0,891. Paulino et al. (2005a), utilizando animais Anelorados castrados, encontraram valor de 0,8956, enquanto Silva et al. (2002) e Vêras et al. (2000), ambos utilizado machos inteiros da raça Nelore, obtiveram relações PCVZ/PV de, respectivamente, 0,8975 e 0,844. A relação entre o ganho diário de peso vivo (GPV) e de peso de corpo vazio (GPCVZ) foi de 0,8714, inferior ao valor sugerido pelo NRC (2000), de 0,956 e àqueles encontrados por Silva et al. (2002) e Vêras et al. (2000), respectivamente 0,96 e 1. Nesse sentido, a conversão das exigências de proteína para ganho de 1,0 kg de PCVZ em exigências por quilo de peso vivo deve ser realizada adotando-se o fator encontrado de 0,8714.

O teste de identidade de modelos aplicado às equações entre o logaritmo da proteína corporal em função do logaritmo do peso de corpo vazio constatou que os parâmetros das equações não são idênticos entre si ($P < 0,05$), impossibilitando, portanto o uso de uma equação conjunta para as três classes sexuais. As equações foram comparadas duas a duas, ou seja, machos inteiros com machos castrados, machos inteiros com fêmeas e machos castrados com fêmeas. Em todas as circunstâncias o teste de identidade de modelos acusou que os parâmetros das equações foram diferentes entre si ($P < 0,05$). Desta forma, utilizaram-se equações independentes para cada classe sexual (Tabela 3).

Tabela 3 - Parâmetros das equações de regressão do logaritmo dos conteúdos de proteína (kg) no corpo vazio, em função do logaritmo do peso do corpo vazio (kg) de bovinos Nelore de diferentes classes sexuais

| Classe sexual | Parâmetros | | |
|-----------------------------|----------------|----------------------------------|-------------|
| | Intercepto (a) | Coeficiente (b) Proteína (kg) | r^2 |
| Machos inteiros | -0,6826 | 0,9638 | 0,92 |
| Machos castrados | -0,1118 | 0,7335 | 0,95 |
| Fêmeas | -0,1048 | 0,7220 | 0,89 |
| Valor P da análise conjunta | | | $P < 0,001$ |

Observou-se decréscimo nos conteúdos de proteína no peso de corpo vazio dos animais das três classes sexuais, quando o peso vivo aumentou de 300 para 450 kg (Tabela 4), sendo que em machos inteiros essa diminuição ocorreu de forma menos pronunciada em relação aos machos castrados e às fêmeas, que apresentaram maior redução no conteúdo de proteína corporal. Aos 300 kg, os conteúdos de proteína no PCVZ eram próximos entre as três classes sexuais, porém, à medida em que o PV foi se elevando, a diferença entre os sexos quanto ao teor de proteína no corpo foi se tornando mais evidente (Tabela 4). Esse comportamento pode ser explicado pelas diferenças que ocorrem na composição do ganho de peso dos animais entre as classes sexuais à medida em que ficam mais pesados, já que fêmeas tendem a depositar gordura de forma mais precoce que os machos castrados e esses em relação aos machos inteiros (NRC, 2000). Na realidade, observou-se que aos 450 kg, por exemplo, os conteúdos de gordura no peso de corpo vazio para os machos inteiros, machos castrados e fêmeas foram de, respectivamente, 215,53; 272,80 e 290,00 g/kg PCVZ. Portanto, maior conteúdo de gordura no corpo em pesos mais elevados nas fêmeas, seguidas pelos machos castrados, e, finalmente, pelos machos inteiros, explica a razão de se ter observado os valores de conteúdo de proteína corporal encontrados (Tabela 4).

Tabela 4 - Estimativa do conteúdo de proteína (g/kg PCVZ) no peso do corpo vazio (g/kg PCVZ) de bovinos Nelore de diferentes classes sexuais, em função do peso vivo (PV)

| PV | Classe sexual | | |
|-----|----------------------|------------------|--------|
| | Machos inteiros | Machos castrados | Fêmeas |
| | Proteína (g/kg PCVZ) | | |
| 300 | 169,35 | 172,09 | 163,90 |
| 350 | 168,40 | 165,16 | 157,03 |
| 400 | 167,59 | 159,39 | 151,31 |
| 450 | 166,88 | 154,46 | 146,43 |

Como resultado da variação observada na composição corporal entre as três classes sexuais, os machos inteiros apresentaram maiores exigências líquidas de proteína para ganho de peso, seguidos dos machos castrados e, com menores exigências, das fêmeas (Tabela 5). Observou-se que as exigências líquidas de proteína para ganho de peso de corpo vazio (GPCVZ) reduziram à medida em que os animais se tornaram mais pesados (Tabela 5). Isso ocorreu devido ao fato de que a deposição de proteína no corpo vai se reduzindo à medida em que o animal cresce e se torna mais pesado.

Em animais que se encontram em fase mais avançada de terminação, o crescimento muscular é bastante lento (Berg & Butterfield, 1976), fazendo com que a demanda por esse nutriente seja menor em animais pesados, quando comparados aos mais leves. Vêras et al. (2000) encontraram o valor de 158,26 g/kg de GPCVZ para as exigências líquidas de proteína de machos inteiros da raça Nelore pesando 400 kg de PV, enquanto Silva et al. (2002a) encontraram 173,72 g de proteína/kg de GPCVZ. Ao compilarem alguns dados de exigências nutricionais de bovinos de corte no Brasil, Silva et al. (2002b) determinaram que as exigências líquidas de proteína para ganho de peso de bovinos zebu não-castrados foram de 151,51 g/kg GPCVZ, valor cerca de 6% inferior ao encontrado nesse estudo. Paulino et al. (2004), utilizando animais Anelorados castrados, obtiveram exigências líquidas de proteína para ganho de peso de corpo vazio de 106,84 g/kg GPCVZ, que é um pouco inferior aos 116,91 g/kg GPCVZ obtidos nesse trabalho. Por outro lado, Lana et al. (1991) e Gonçalves et al. (1991) obtiveram, também para zebuínos castrados, exigências líquidas de proteína (123,93 e 132,80 g/kg GPCVZ, respectivamente) mais elevadas que as obtidas nesta pesquisa. Putrino et al. (2006), trabalhando com bovinos Nelore castrados em fase de terminação encontraram valores de exigências líquidas de proteína mais elevadas entre todas (171 g/kg GPCVZ). Vale ressaltar que em todos esses trabalhos citados, a composição corporal não foi mensurada diretamente, mas sim estimada pelo corte das 9-10-11^a costelas, o que pode ocasionar em erros na estimativa das exigências (Paulino et al., 2005). Em relação às fêmeas, há uma limitação muito grande na literatura a respeito das suas exigências, determinadas nas condições brasileiras. Somente o trabalho de Borges (2000) traz alguns resultados, obtidos com fêmeas das raças Guzerá e Holandesa, com valores de

126,04 g/kg GPCVZ de exigências líquidas de proteína para as fêmeas Guzerá de 300 kg de PV, valor próximo aos 118,34 g obtidos nesse estudo.

Foram construídas equações de regressão da proteína retida (PR, g/dia), em função da energia retida (ER, Mcal/dia) e do ganho de peso vivo (GPV, kg/dia), como forma de permitir a estimação das exigências líquidas de proteína para qualquer faixa de peso e de ganho de peso. As equações obtidas foram as seguintes:

$$\text{Machos inteiros: PR} = 14,78 + 175,86 \text{ GPVJ} - 2,95 \text{ ER} \quad (r^2 = 90,7)$$

$$\text{Machos castrados: PR} = 25,62 + 139,81 \text{ GPVJ} - 7,43 \text{ ER} \quad (r^2 = 78,5)$$

$$\text{Fêmeas: PR} = 18,13 + 177,27 \text{ GPVJ} - 16,57 \text{ ER} \quad (r^2 = 78,5)$$

Tabela 5 - Exigências líquidas de proteína (g/kg GPCVZ) de bovinos Nelore de diferentes classes sexuais, em função do peso vivo (PV)

| PV | Classe sexual | | |
|-----|--|------------------|--------|
| | Machos inteiros | Machos castrados | Fêmeas |
| | Exigências líquidas de proteína (g/kg GPCVZ) | | |
| 300 | 163,22 | 126,33 | 118,34 |
| 350 | 162,31 | 121,15 | 113,38 |
| 400 | 161,52 | 116,91 | 109,24 |
| 450 | 160,84 | 113,30 | 105,73 |

A partir dessas equações, e tomando-se como referência um animal com peso de corpo vazio de 300kg (aproximadamente 320 kg de PV) e ganho médio diário de 0,7 kg/dia, obtém-se valores de PR ou de exigências líquidas de proteína para ganho de peso de, respectivamente, 131,00; 99,89 e 89,42 g/kg PCVZ, para machos inteiros, machos castrados e fêmeas. Ao se utilizar a equação adotada pelo NRC (2000), obtiveram-se os valores correspondentes de 118,97; 94,22 e 93,92. Percebe-se que a equação do NRC (2000) fornece valores próximos para os machos castrados e as fêmeas, porém um pouco mais distante para os

machos inteiros. A equação desenvolvida por Silva et al. (2002b) para machos zebu inteiros forneceu o valor de 107,95 g/kg GPCVZ, enquanto a de Vêras et al. (2000), desenvolvida com dados de animais Nelore inteiros apontou valor (118,16 g/kg GPCVZ) idêntico ao obtido nesse trabalho, para um animal de 300 kg de PCVZ e ganhando 0,7 kg/dia. Silva et al. (2002a), também trabalhando com animais Nelore inteiros, apresentaram uma equação para se estimar as exigências líquidas de proteína para ganho, cuja utilização resultou no valor de 226,41 g/kg GPCVZ, valor bem superior aos citados anteriormente. Importante ressaltar, no entanto, que na equação proposta por Silva et al. (2002a) o coeficiente da ER na equação é positivo, ou seja, a associação entre a proteína retida e a energia retida é positiva, indicando que maior valor de retenção de energia resulta em acréscimo na proteína retida, o que não tem suporte biológico, visto que maiores retenções de energia estão associadas a maiores conteúdos de gordura no peso e, conseqüentemente, menor quantidade de proteína. Em todas as outras equações citadas, esse coeficiente é negativo.

Para machos castrados, a equação sugerida por Paulino et al. (2004) resulta em valor de PR (72,05 g/kg GPCZ) 27,9% inferior à obtida nesse estudo, provavelmente refletindo a diferença entre os animais utilizados nos dois experimentos, já que Paulino et al. (2004) usaram animais de qualidade genética inferior aos utilizados no presente trabalho.

As exigências de proteína metabolizável para manutenção aumentaram com a elevação do peso vivo dos animais, uma vez que são expressas em função do peso (Vêras, 2006). O valor encontrado por Vêras (2006) para exigências de manutenção de proteína metabolizável de animais Nelore (4,03 g/kg $PV^{0,75}$), independentemente da classe sexual, é ligeiramente superior ao valor determinado por Wilkerson et al. (1993) e adotado pelo NRC (2000), de 3,8 g/kg $PV^{0,75}$, porém praticamente idêntico aos 4,13 g/kg $PV^{0,75}$ calculados por Valadares et al. (1997), no Brasil. Dessa forma, adotar o valor de 4,00 g/kg $PV^{0,75}$ para se obterem as exigências de proteína metabolizável para manutenção de bovinos Nelore parece ser razoável. Considerando-se um animal de 350 kg de PV com taxa de ganho de peso de 1,0 kg/dia, as exigências totais de proteína metabolizável (PM) foram de 645,55; 557,02 e 528,62, respectivamente, para machos inteiros, machos castrados e fêmeas. O NRC (2000) apresenta valor de 605 g/dia, para machos castrados, que é cerca de 8,6% superior ao obtido

nesta pesquisa. O NRC (2000) não cita claramente quais seriam as diferenças entre as classes sexuais quanto às exigências de proteína metabolizável, mas como são calculadas a partir das exigências líquidas de proteína, cuja equação de estimação incorpora a energia retida (ER) ou as exigências líquidas de energia para ganho de peso, as diferenças entre as classes sexuais são computadas na própria ER, tendo seu reflexo na proteína retida.

Tabela 6 - Exigências de proteína metabolizável para manutenção (PMm) e para ganho (PMg) de 1 kg de PV (g/kg GPV) de bovinos Nelore de diferentes classes sexuais, em função do peso vivo (PV)

| Classe sexual | PV (kg) | PMm ¹ | PMg ² |
|----------------|---------|------------------|------------------|
| Macho inteiro | 300 | 290,50 | 353,07 |
| Macho castrado | | 290,50 | 261,09 |
| Fêmea | | 290,50 | 239,67 |
| Macho inteiro | 350 | 326,10 | 366,59 |
| Macho castrado | | 326,10 | 265,00 |
| Fêmea | | 326,10 | 232,41 |
| Macho inteiro | 400 | 360,45 | 364,39 |
| Macho castrado | | 360,45 | 257,50 |
| Fêmea | | 360,45 | 215,06 |
| Macho inteiro | 450 | 393,74 | 362,26 |
| Macho castrado | | 393,74 | 250,23 |
| Fêmea | | 393,74 | 198,24 |

PCVZ = PV * 0,9356.

¹4,03 g/kg PV^{0,75} (Véras, 2006).

² Exigência líquida/0,492 para PCVZ > 300 kg.

Exigência líquida/(83,4 – (0,114 x PCVZ)) para PCVZ ≤ 300 kg.

Adotando-se o protocolo descrito pelo NRC (2000) e o consumo médio de NDT observado nos animais, dentro de cada classe sexual (13,88; 14,84 e 15,40 g de NDT consumido/kg de PCVZ), as exigências de proteína metabolizável foram convertidas para exigências de proteína degradada no rúmen (PDR), proteína não-degradada no rúmen (PNDR) e de proteína bruta (PB). As fêmeas, em virtude de terem apresentado maior consumo de energia, apresentaram maiores exigências de PDR (Tabela 7) em relação aos machos inteiros, ficando

os machos castrados em posição intermediária. As exigências de proteína degradada no rúmen refletem a síntese de proteína microbiana produzida no rúmen, que é dependente da disponibilidade ruminal de energia e nitrogênio (Bach et al., 2005). Em situações em que a síntese de proteína é maximizada, sua contribuição para o atendimento das exigências totais de proteína, seja de proteína metabolizável ou de proteína bruta, aumenta, o que traz benefícios nutricionais, visto que a proteína microbiana é de excelente qualidade, como também econômicos, pois pode ser sintetizada a partir de fontes dietéticas de nitrogênio mais baratas.

As exigências de proteína bruta (PB) foram superiores para os machos inteiros, intermediárias para os castrados e inferiores para as fêmeas (Tabela 7). Observou-se que à medida em que o peso vivo dos animais aumentou, menor foram as suas exigências em proteína não-degradável no rúmen, possibilitando maior participação da proteína degradável no rúmen para o suprimento das exigências totais de PB (Tabela 7). No entanto, para machos inteiros, a capacidade da PDR em atender as exigências totais de PB é menos pronunciada, já que, por apresentarem maior taxa de deposição de tecido magro na carcaça, necessitam de maior aporte de aminoácidos, sem sempre totalmente fornecidos somente pela proteína microbiana. Para animais de 350 kg de peso vivo, por exemplo, a PDR supriu 69,91; 83,82 e 90,23% das exigências totais de proteína bruta dos machos inteiros, machos castrados e fêmeas, respectivamente, sendo esses valores condizentes com a faixa citada por Bach et al. (2005) de 50-80%.

Ao se considerar os animais de 400 kg, portanto já em fase de terminação, e utilizando-se os valores médios de consumo de matéria seca obtidos (1,93; 2,00 e 2,11% do PV para os machos inteiros, os machos castrados e as fêmeas, respectivamente), pode-se calcular que as exigências dietéticas dos animais, para ganharem 1,0 kg de peso vivo, seriam de, aproximadamente, 12,92; 11,14 e 10,08% de PB na matéria seca da dieta. A recomendação clássica é de que os requerimentos protéicos de bovinos de corte em fase de terminação sejam entre 12 e 13% (Bailey & Duff, 2005). Porém, alguns estudos têm demonstrado que, em níveis inferiores a esses, não ocorre comprometimento do desempenho dos animais (Bailey & Duff, 2005), tendo Cavalcante et al. (2005) sugerido que as dietas de bovinos de corte em terminação, com peso vivo próximo de 400 kg, podem conter 10,5% de PB, garantindo desempenho satisfatório. Assim, os

valores encontrados nesse estudo estão dentro da faixa considerada adequada para bovinos de corte em terminação.

Bailey & Duff (2005) detectaram que as exigências de proteína bruta de machos castrados e de fêmeas são similares e que machos inteiros utilizam a proteína dietética de forma mais eficiente que machos castrados, não necessitando, obrigatoriamente, de maior concentração de PB na dieta em relação à dieta dos castrados. Embora a relação N retido/N ingerido tenha sido superior ($P < 0,05$) nos machos inteiros em relação aos machos castrados e as fêmeas (17,18a; 11,10b e 8,80b, respectivamente, para machos inteiros, machos castrados e fêmeas), indicando maior eficiência no uso do nitrogênio ingerido, os valores obtidos de exigências de proteína bruta mostram uma demanda ligeiramente superior pelos machos inteiros em relação aos castrados, mesmo em pesos mais elevados (Tabelas 7, 8 e 9).

Tabela 7 - Exigências nutricionais de energia e proteína para machos Nelore inteiros, em função do peso vivo (PV) e do ganho médio diário (GMD)

| Peso vivo, kg | | 300 | 350 | 400 | 450 |
|------------------------------|-----------|---|----------|----------|----------|
| Exigências de manutenção | | | | | |
| EM _m ¹ | Mcal/d | 6,70 | 7,81 | 8,93 | 10,04 |
| PM _m ² | g/d | 290,50 | 326,10 | 360,45 | 393,74 |
| Exigências de ganho | | | | | |
| | | EL _g requerida para ganho, Mcal/d ³ | | | |
| GMD | 0,50 kg/d | 1,62 | 1,82 | 2,01 | 2,20 |
| | 1,00 kg/d | 3,10 | 3,48 | 3,85 | 4,21 |
| | | PM requerida para ganho, g/d ^{4,5} | | | |
| GMD | 0,50 kg/d | 190,52 | 197,86 | 196,71 | 195,60 |
| | 1,00 kg/d | 353,97 | 366,59 | 364,39 | 362,26 |
| Exigências totais | | | | | |
| | | EM, Mcal/d ⁶ | | | |
| GMD | 0,50 kg/d | 10,31 | 11,87 | 13,41 | 14,94 |
| | 1,00 kg/d | 13,62 | 15,58 | 17,51 | 19,42 |
| | | NDT, kg/d ⁷ | | | |
| GMD | 0,50 kg/d | 2,85 | 3,28 | 3,71 | 4,13 |
| | 1,00 kg/d | 3,77 | 4,31 | 4,84 | 5,37 |
| | | PB, g/d ⁸ | | | |
| GMD | 0,50 kg/d | 715,80 | 779,71 | 829,12 | 877,00 |
| | 1,00 kg/d | 957,69 | 1.030,79 | 1.078,64 | 1.125,00 |
| | | PDR, g/d ⁸ | | | |
| GMD | 0,50 kg/d | 411,38 | 473,58 | 535,17 | 596,23 |
| | 1,00 kg/d | 543,45 | 621,84 | 699,05 | 775,24 |
| | | PNDR, g/d ⁹ | | | |
| GMD | 0,50 kg/d | 304,79 | 313,63 | 310,75 | 306,97 |
| | 1,00 kg/d | 412,78 | 417,69 | 402,24 | 386,27 |
| | | PB, g/d ¹⁰ | | | |
| GMD | 0,50 kg/d | 716,17 | 787,22 | 845,92 | 903,19 |
| | 1,00 kg/d | 956,23 | 1.039,54 | 1.101,28 | 1.161,51 |

¹ EM_m = 22,32 kcal/kg PV.

² PM_m = 4,03 g/kg PV^{0,75} (Véras, 2006).

³ EL_g = 0,0515 * PCVZ^{0,75} * GDPCVZ^{0,9384}.

⁴ PR = 14,78 - (2,95 * EL_g) + (175,86 * GMD);

⁵ PM = exigências líquidas/0,492 para PCVZ > 300 kg ou exigências líquidas/[83,4-(0,114 * PCVZ)] * 100, para PCVZ ≤ 300 kg (NRC, 2000).

⁶ K_m = 0,70 e K_f = 0,45 (dieta com 2,3 Mcal/kg de MS).

⁷ NDT = EM/0,82/4,409 (NRC, 1996).

⁸ PDR = Exigências NDT (kg/dia) x 130 x 1,11.

⁹ PNDR = [PM total - (PDR x 0,64)]/0,8.

¹⁰ PB = PDR + PNDR.

As exigências líquidas para ganho de PCVZ foram convertidas para ganho de PV por meio da multiplicação pelo fator 0,8714, encontrado neste trabalho: PCVZ = PV * 0,9356.

Tabela 8 - Exigências nutricionais de energia e proteína para machos Nelore castrados, em função do peso vivo (PV) e do ganho médio diário (GMD)

| Peso vivo, kg | | 300 | 350 | 400 | 450 |
|------------------------------|-----------|---|--------|----------|----------|
| Exigências de manutenção | | | | | |
| EM _m ¹ | Mcal/d | 6,70 | 7,81 | 8,93 | 10,04 |
| PM _m ² | g/d | 290,50 | 326,10 | 360,45 | 393,74 |
| Exigências de ganho | | | | | |
| | | EL _g requerida para ganho, Mcal/d ³ | | | |
| GMD | 0,50 kg/d | 2,21 | 2,48 | 2,75 | 3,00 |
| | 1,00 kg/d | 4,20 | 4,72 | 5,21 | 5,70 |
| | | PM requerida para ganho, g/d ^{4,5} | | | |
| GMD | 0,50 kg/d | 153,85 | 156,64 | 152,69 | 148,86 |
| | 1,00 kg/d | 261,09 | 265,00 | 257,50 | 250,23 |
| Exigências totais | | | | | |
| | | EM, Mcal/d ⁶ | | | |
| GMD | 0,50 kg/d | 11,63 | 13,35 | 15,05 | 16,73 |
| | 1,00 kg/d | 16,07 | 18,33 | 20,55 | 22,74 |
| | | NDT, kg/d ⁷ | | | |
| GMD | 0,50 kg/d | 3,22 | 3,69 | 4,16 | 4,63 |
| | 1,00 kg/d | 4,44 | 5,07 | 5,69 | 6,29 |
| | | PDR, g/d ⁸ | | | |
| GMD | 0,50 kg/d | 464,21 | 532,89 | 600,72 | 667,84 |
| | 1,00 kg/d | 641,21 | 731,59 | 820,35 | 907,74 |
| | | PNDR, g/d ⁹ | | | |
| GMD | 0,50 kg/d | 220,87 | 219,36 | 208,47 | 196,93 |
| | 1,00 kg/d | 227,36 | 211,61 | 181,20 | 150,74 |
| | | PB, g/d ¹⁰ | | | |
| GMD | 0,50 kg/d | 685,08 | 752,25 | 809,19 | 864,76 |
| | 1,00 kg/d | 868,57 | 943,20 | 1.001,55 | 1.058,48 |

¹ EM_m = 22,32 kcal/kg PV.

² PM_m = 4,03 g/kg^{0,75} (Véras, 2006).

³ EL_g = 0,0696 * PCVZ^{0,75} * GDPCVZ^{0,9250}.

⁴ PR = 25,62 - (7,43 * EL_g) + (139,81 * GMD).

⁵ PM = exigências líquidas/0,492 para PCVZ > 300 kg ou exigências líquidas/[83,4-(0,114 * PCVZ)] * 100, para PCVZ ≤ 300 kg (NRC, 2000).

⁶ K_m = 0,70 e k_r = 0,45 (dieta com 2,3 Mcal/kg de MS).

⁷ NDT = EM/0,82/4,409 (NRC, 1996).

⁸ PDR = Exigências NDT (kg/dia) x 130 x 1,11.

⁹ PNDR = [PM total - (PDR x 0,64)]/0,8.

¹⁰ PB = PDR + PNDR.

As exigências líquidas para ganho de PCVZ foram convertidas para ganho de PV por meio da multiplicação pelo fator 0,8714, encontrado neste trabalho: PCVZ = PV * 0,9356.

Tabela 9 - Exigências nutricionais de energia e proteína para novilhas Nelore, em função do peso vivo (PV) e do ganho médio diário (GMD)

| Peso vivo, kg | | 300 | 350 | 400 | 450 |
|------------------------------|-----------|---|--------|--------|--------|
| Exigências de manutenção | | | | | |
| EM _m ¹ | Mcal/d | 6,70 | 7,81 | 8,93 | 10,04 |
| PM _m ² | g/d | 290,50 | 326,10 | 360,45 | 393,74 |
| Exigências de ganho | | EL _g requerida para ganho, Mcal/d ³ | | | |
| GMD | 0,50 kg/d | 2,15 | 2,42 | 2,67 | 2,92 |
| | 1,00 kg/d | 4,36 | 4,89 | 5,41 | 5,91 |
| | | PM requerida para ganho, g/d ^{4,5} | | | |
| GMD | 0,50 kg/d | 138,32 | 135,62 | 127,05 | 118,74 |
| | 1,00 kg/d | 239,67 | 232,41 | 215,05 | 198,24 |
| Exigências totais | | EM, Mcal/d ⁶ | | | |
| GMD | 0,50 kg/d | 11,50 | 13,20 | 14,88 | 16,55 |
| | 1,00 kg/d | 16,41 | 18,72 | 20,98 | 23,21 |
| | | NDT, kg/d ⁷ | | | |
| GMD | 0,50 kg/d | 3,18 | 3,65 | 4,12 | 4,58 |
| | 1,00 kg/d | 4,54 | 5,18 | 5,80 | 6,42 |
| | | PDR, g/d ⁸ | | | |
| GMD | 0,50 kg/d | 458,81 | 526,83 | 594,03 | 660,52 |
| | 1,00 kg/d | 655,05 | 747,12 | 837,51 | 926,50 |
| | | PNDR, g/d ⁹ | | | |
| GMD | 0,50 kg/d | 205,34 | 197,46 | 181,25 | 164,56 |
| | 1,00 kg/d | 190,60 | 159,68 | 115,77 | 72,23 |
| | | PB, g/d ¹⁰ | | | |
| GMD | 0,50 kg/d | 664,16 | 724,29 | 775,28 | 825,08 |
| | 1,00 kg/d | 845,65 | 906,80 | 953,29 | 998,73 |

¹ EM_m = 22,32 kcal/kg PV.

² PM_m = 4,03 g/kg^{0,75} (Véras, 2006).

³ EL_g = 0,0696 * PCVZ^{0,75} * GDPCVZ^{0,9250}.

⁴ PR = 25,62 - (7,43 * EL_g) + (139,81 * GMD).

⁵ PM = exigências líquidas/0,492 para PCVZ > 300 kg ou exigências líquidas/[83,4-(0,114 * PCVZ)] * 100, para PCVZ ≤ 300 kg (NRC, 2000).

⁶ K_m = 0,70 e k_f = 0,45 (dieta com 2,3 Mcal/kg de MS).

⁷ NDT = EM/0,82/4,409 (NRC, 1996).

⁸ PDR = Exigências NDT (kg/dia) x 130 x 1,11.

⁹ PNDR = [PM total - (PDR x 0,64)]/0,8.

¹⁰ PB = PDR + PNDR.

As exigências líquidas para ganho de PCVZ foram convertidas para ganho de PV por meio da multiplicação pelo fator 0,8714, encontrado neste trabalho: PCVZ = PV * 0,9356.

Conclusões

As exigências de proteína para ganho de peso diferem entre as classes sexuais, e podem ser obtidas pelas equações: PR = 14,78 + 175,86 GPVJ – 2,95 ER (machos inteiros); PR = 25,62 + 139,81 GPVJ – 7,43 ER (machos castrados); PR = 18,13 + 177,27 GPVJ – 16,57 ER (fêmeas).

Literatura Citada

- AGRICULTURAL RESEARCH COUNCIL - ARC. **The nutrient requirements of ruminants livestock**. London: Cab, 1980. 351p.
- BACH, A.; CALSAMIGLIA, S.; STERN, M.D. Nitrogen metabolism in the rumen. **Journal of Dairy Science**, v.88, p.9-21, 2005 (suppl. E)
- BAILEY, C.R.; DUFF, G.C. Protein requirements of finishing beef cattle. In: SOUTHWEST NUTRITION CONFERENCE, 2005, Tempe. **Proceedings...** Tempe: University of Arizona, 2005. p.78-85.
- BALDWIN, R.L. Energy requirements for maintenance and production. In: BALDWIN, R.L. (Ed.) **Modeling ruminant digestion and metabolism**. London: Chapman & Hall. p.148-188, 1995.
- BERG, R.T.; BUTTERFIELD, R.M. **New concepts of cattle growth**. 1.ed. Sydney: Sydney University Press, 1976. 240p.
- BORGES, A.L.C.C. **Exigências nutricionais de proteína e energia de novilhas das raças Guzerá e Holandesa**. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 2000. 90p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Minas Gerais, 2000.
- CAVALCANTE, M.A.B.; PEREIRA, O.G.; VALADARES FILHO, S.C. et al. Níveis de proteína bruta em dietas para bovinos de corte: consumo, digestibilidade total e desempenho produtivo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.3, p.711-719, 2005.
- EZEQUIEL, J.M.B. **Exigências de proteína e minerais de bovídeos: frações endógenas**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1987. 131p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, 1987.
- FOX, D.G.; BLACK, J.R. A system for predicting body composition and performance of growing cattle. **Journal of Animal Science**, v.58, n.3, p.725-739, 1984.
- GEAY, Y. Energy and protein utilization in growing cattle. **Journal of Animal Science**, v.58, n.3, p.766-778, 1984.
- GONÇALVES, L.C.; SILVA, J.F.C.; CASTRO, A.C.G. et al. Exigências de proteína para novilhos de cinco grupos genéticos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.20, n.5, p.430-438, 1991.
- KLEMESRUD, M.J.; KLOPFENSTEIN, T.J.; STOCK, R.A. et al. Effect of dietary concentration of metabolizable lysine on finishing cattle performance. **Journal of Animal Science**, v.78, p.1060-1066, 2000.
- LANA, R.P.; FONTES, C.A.A.; PERON, A.J. et al. Composição corporal e do ganho de peso e exigências de energia, proteína e macrominerais (Ca, P, Mg, Na e K), de novilhos de cinco grupos raciais. 2. exigências de energia e proteína. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.21, n.3, p.528-537, 1992.
- MAGALHÃES, K.A.; VALADARES FILHO, S.C.; VALADARES, R.F.D. et al. Produção de proteína microbiana, concentração plasmática de uréia e excreções de uréia em novilhos alimentados com diferentes níveis de uréia ou casca de algodão. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.4, p.1400-1407, 2005.

- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of beef cattle**. 7. rev. ed. National Academic Press. Washington, D.C.: 2000. 242p.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of dairy cattle**. 7.ed. National Academic Press. Washington, D.C.: 2001. 381p.
- PAULINO, P.V.R.; COSTA, M.A.L.; VALADARES FILHO, S.C. et al. Exigências nutricionais de zebuínos: proteína. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.3, p.759-769, 2004.
- PAULINO, P.V.R.; VALADARES FILHO, S.C.; COSTA, M.A.L. et al. Validation of the 9-11th rib cut to estimate the chemical composition of the dressed carcass and of the whole empty body of zebu cattle. **Livestock Production Science**, v.93, n.1, p.245-253, 2005.
- PUTRINO, S.M.; LEME, P.R.; SILVA, S.L. et al. Exigências líquidas de proteína e energia para ganho de peso de novilhos Nelore alimentados com dietas contendo grão úmido e gordura protegida. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.1, p.301-308, 2006.
- SILVA, F.F.; VALADARES FILHO, S.C.; ÍTAVO, L.C.V. et al. Composição corporal e requisitos energéticos e protéicos de bovinos Nelore, não-castrados, alimentados com rações contendo diferentes níveis de concentrado e proteína. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.1, p.503-513, 2002a (supl.).
- SILVA, F.F.; VALADARES FILHO, S.C.; ÍTAVO, L.C.V. et al. Exigências líquidas e dietéticas de energia, proteína e macroelementos minerais de bovinos de corte no Brasil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.2, p.776-792, 2002b.
- TODD, R.W.; COLE, N.A.; CLARK, R.N. Reducing crude protein in beef cattle diet reduces ammonia emissions from artificial feedyard surfaces. **Journal of Environmental Quality**, v.35, p.404-411, 2006.
- WILKERSON, V.A.; KLOPFENSTEIN, T.J.; BRITTON, R.A. et al. Metabolizable protein and amino acid requirements of growing beef cattle. **Journal of Animal Science**, v.71, p.2777-2784, 1993.
- VALADARES, R.F.D.; GONÇALVES, L.C.; RODRIGUEZ, N.M. et al. Níveis de proteína em dietas de bovinos. 2. Consumo, digestibilidades e balanço de compostos nitrogenados. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.26, n.6, p.1259-1263, 1997.
- VANDERWERT, W.; BERGER, L.L.; McKEITH, F.K. et al. Influence of zeranol implants on growth, behaviour and carcass traits in Angus and Limousin bulls and steers. **Journal of Animal Science**, v.61, p.310-319, 1985.
- 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.8, p.2379-2389, 2000 (supl. 2).
- VÉRAS, R.M.L. **Consumo, digestibilidades total e parcial, produção microbiana e exigências de proteína para manutenção de bovinos Nelore**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2006. 115p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, 2006.

3. RESUMO E CONCLUSÕES

Dois experimentos foram conduzidos no confinamento experimental do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa, objetivando estudar os efeitos de classe sexual e nível de oferta de concentrado sobre o desempenho, consumo e digestibilidade dos nutrientes, características de carcaça, composição corporal, exigências de energia e proteína e eficiência de uso da energia metabolizável para manutenção, ganho de peso e ganhos de proteína e gordura corporais de bovinos Nelore. Desse trabalho, pode-se concluir:

Classe sexual constitui-se fator determinante do desempenho e das características de carcaça de bovinos Nelore, sem, contudo, afetar a eficiência alimentar e a digestibilidade dos nutrientes.

Animais com baixo consumo residual são mais eficientes que animais com alto consumo residual, porém não apresentam modificações na suas características de carcaça, evidenciando que uma possível seleção de bovinos Nelore quanto à eficiência alimentar não resultaria em impactos negativos na qualidade de carcaça dos animais.

A digestibilidade e a síntese de proteína microbiana não representam processos envolvidos na variação individual quanto a consumo residual.

As digestibilidades da matéria seca e dos demais nutrientes dietéticos, com exceção do EE, não são afetadas pela classe sexual em bovinos Nelore.

Fêmeas jovens apresentam capacidade de consumo superior aos machos.

Bovinos Nelore alimentados com níveis de oferta de concentrado até o ponto de 1,2% do PV não respondem em crescimento em relação a níveis mais

modestos de oferta de concentrado (0,6% do PV), embora a digestibilidade da MS e da MO possa ser melhorada.

A interação classe sexual x nível de oferta de concentrado não é importante para as principais características de desempenho, consumo, digestibilidade, crescimento e composição corporal e da carcaça de bovinos Nelore.

Machos inteiros apresentam crescimento mais acelerado, depositam proteína de forma mais pronunciada na carcaça e no corpo vazio como um todo e produzem carcaças mais magras que machos castrados e fêmeas.

Machos inteiros apresentam dianteiro mais pronunciado que machos castrados e fêmeas, fazendo com que produzam, proporcionalmente, menor quantidade de carne de maior valor de mercado, localizados no traseiro especial.

Em termos absolutos (kg por carcaça), os machos inteiros produzem maior quantidade de traseiro especial.

Bovinos Nelore jovens, de diferentes classes sexuais, não apresentam diferenças entre si quanto às exigências de energia para manutenção.

As exigências de líquidas de energia para manutenção foram de 75,92 Kcal/kg PCVZ^{0,75} ou 66,81 Kcal/kg PV^{0,75}.

As exigências de energia metabolizável para manutenção foram de 108,81 kcal/kg PCVZ^{0,75}, correspondentes aos valores de 95,18 kcal/kg PV^{0,75} ou 22,32 kcal/kg de PV.

As exigências líquidas de energia para ganho de peso são 22,6% superiores em animais não-castrados e fêmeas em relação aos machos inteiros.

A energia retida em bovinos Nelore de diferentes classes sexuais pode ser estimada a partir das equações: $ER = 0,0515 PCVZ^{0,75} * GPCVZ^{0,9384}$ (machos inteiros); $ER = 0,0696 PCVZ^{0,75} * GPCVZ^{0,9250}$ (machos castrados) e $ER = 0,0731 PCVZ^{0,75} * GPCVZ^{1,0175}$ (fêmeas).

As eficiências de uso da energia metabolizável para manutenção e ganho de peso não diferem entre bovinos Nelore de diferentes classes sexuais.

As eficiências de uso da energia metabolizável para síntese de proteína e gordura corporal em bovinos Nelore são em torno de 27 e 79%.

Recomenda-se o valor de 22,32 Kcal/kg PV para se obter as exigências de energia metabolizável para manutenção de bovinos Nelore, devido à sua maior praticidade.

As exigências de proteína para ganho de peso diferem entre as classes sexuais, e podem ser obtidas pelas equações: $PR = 14,78 + 175,86 \text{ GPVJ} - 2,95 \text{ ER}$ (machos inteiros); $PR = 25,62 + 139,81 \text{ GPVJ} - 7,43 \text{ ER}$ (machos castrados); $PR = 18,13 + 177,27 \text{ GPVJ} - 16,57 \text{ ER}$ (fêmeas).

4. APÊNDICE

Tabela 1 - Número do animal (NA), classe sexual - CS (macho inteiro, macho castrado e fêmea), nível de oferta de concentrado - NC (0,6 e 1,2% do PV, manutenção - MANT e referência - REF), peso vivo inicial (PVI), peso vivo final (PVF), peso do corpo vazio inicial (PCVZI), peso do corpo vazio final (PCVZF) e dias de confinamento (DC) de bovinos Nelore

| ANIMAL | CS | NC | PVi, kg | PVf, kg | PCVZi, kg | PCVZf, kg | DC |
|--------|----------------|------|---------|---------|-----------|-----------|-----|
| 49 | Macho inteiro | 25 | 373,0 | 480,50 | 323,79 | 438,69 | 110 |
| 56 | Macho inteiro | 25 | 328,0 | 423,00 | 284,72 | 393,40 | 116 |
| 58 | Macho inteiro | 25 | 350,0 | 450,50 | 303,82 | 419,26 | 108 |
| 59 | Macho inteiro | 25 | 347,5 | 439,00 | 301,65 | 408,55 | 114 |
| 46 | Macho inteiro | 50 | 321,0 | 401,00 | 278,65 | 373,33 | 108 |
| 51 | Macho inteiro | 50 | 342,5 | 386,00 | 297,31 | 371,55 | 116 |
| 53 | Macho inteiro | 50 | 358,5 | 452,50 | 311,20 | 419,46 | 110 |
| 55 | Macho inteiro | 50 | 341,5 | 453,50 | 296,44 | 419,53 | 114 |
| 28 | Macho castrado | 25 | 351,0 | 424,50 | 300,29 | 384,69 | 108 |
| 34 | Macho castrado | 25 | 336,5 | 415,00 | 287,88 | 378,24 | 114 |
| 37 | Macho castrado | 25 | 341,5 | 405,00 | 292,16 | 362,35 | 110 |
| 40 | Macho castrado | 25 | 342,0 | 423,50 | 292,59 | 391,98 | 116 |
| 27 | Macho castrado | 50 | 289,5 | 364,50 | 247,67 | 347,09 | 116 |
| 29 | Macho castrado | 50 | 301,5 | 378,50 | 257,94 | 351,43 | 114 |
| 30 | Macho castrado | 50 | 322,5 | 398,50 | 275,91 | 372,33 | 108 |
| 33 | Macho castrado | 50 | 341,5 | 425,50 | 292,16 | 383,12 | 110 |
| 5 | Fêmea | 25 | 293,5 | 362,50 | 255,28 | 323,52 | 110 |
| 9 | Fêmea | 25 | 303,0 | 366,00 | 263,54 | 333,22 | 108 |
| 15 | Fêmea | 25 | 341,5 | 422,50 | 297,02 | 394,16 | 116 |
| 18 | Fêmea | 25 | 295,5 | 360,50 | 257,02 | 328,19 | 114 |
| 8 | Fêmea | 50 | 299,5 | 361,00 | 260,49 | 340,72 | 110 |
| 11 | Fêmea | 50 | 322,0 | 423,50 | 280,06 | 397,49 | 116 |
| 12 | Fêmea | 50 | 282,0 | 359,00 | 245,27 | 329,09 | 108 |
| 13 | Fêmea | 50 | 294,5 | 354,00 | 256,15 | 332,62 | 114 |
| | | | | | | | |
| 6 | Fêmea | MANT | 298,0 | 285,50 | 259,19 | 262,66 | 103 |
| 17 | Fêmea | MANT | 294,0 | 282,50 | 255,71 | 258,62 | 101 |
| 14 | Fêmea | MANT | 287,5 | 292,50 | 250,06 | 265,92 | 103 |
| 19 | Fêmea | MANT | 290,0 | 281,00 | 252,23 | 257,90 | 101 |
| 25 | Macho castrado | MANT | 355,0 | 343,00 | 303,71 | 319,18 | 103 |
| 26 | Macho castrado | MANT | 306,0 | 298,00 | 261,79 | 267,38 | 101 |
| 38 | Macho castrado | MANT | 302,0 | 312,50 | 258,37 | 288,83 | 103 |
| 39 | Macho castrado | MANT | 321,0 | 339,50 | 274,62 | 307,88 | 101 |
| 47 | Macho inteiro | MANT | 333,5 | 329,00 | 289,50 | 316,79 | 103 |
| 50 | Macho inteiro | MANT | 350,0 | 356,00 | 303,82 | 323,42 | 101 |
| 54 | Macho inteiro | MANT | 363,5 | 391,00 | 315,54 | 349,17 | 103 |
| 60 | Macho inteiro | MANT | 321,0 | 339,00 | 278,65 | 305,13 | 101 |
| | | | | | | | |
| 7 | Fêmea | REF | 290,0 | - | 245,03 | - | - |
| 10 | Fêmea | REF | 285,5 | - | 253,68 | - | - |
| 16 | Fêmea | REF | 308,0 | - | 276,31 | - | - |
| 20 | Fêmea | REF | 266,5 | - | 225,23 | - | - |
| 31 | Macho castrado | REF | 305,5 | - | 257,73 | - | - |
| 35 | Macho castrado | REF | 328,5 | - | 278,52 | - | - |
| 36 | Macho castrado | REF | 289,0 | - | 253,40 | - | - |
| 45 | Macho inteiro | REF | 329,0 | - | 283,32 | - | - |
| 48 | Macho inteiro | REF | 353,3 | - | 301,92 | - | - |
| 52 | Macho inteiro | REF | 327,5 | - | 288,82 | - | - |
| 57 | Macho inteiro | REF | 342,5 | - | 299,83 | - | - |

Tabela 2 - Número do animal (NA), classe sexual - CS (macho inteiro, macho castrado e fêmea), nível de oferta de concentrado - NC (0,6 e 1,2% do PV, manutenção - MANT e referência - REF) conteúdos corporais inicial (i) e final (f) de gordura (GORD), proteína (PROT) e energia (ENER) de bovinos Nelore

| ANIMAL | CS | NC | GORDi, kg | GORDf, kg | PROTi, kg | PROTf, kg | ENERi, Mcal | ENERf, Mcal |
|--------|----------------|------|-----------|-----------|-----------|-----------|-------------|-------------|
| 49 | Macho inteiro | 25 | 51,48 | 99,99 | 55,21 | 72,29 | 1346,94 | 794,91 |
| 56 | Macho inteiro | 25 | 45,27 | 79,47 | 48,55 | 63,32 | 1103,62 | 699,01 |
| 58 | Macho inteiro | 25 | 48,30 | 78,07 | 51,80 | 71,41 | 1136,10 | 745,90 |
| 59 | Macho inteiro | 25 | 47,96 | 90,57 | 51,43 | 71,22 | 1252,41 | 740,57 |
| 46 | Macho inteiro | 50 | 44,30 | 89,94 | 47,51 | 59,69 | 1181,42 | 684,09 |
| 51 | Macho inteiro | 50 | 47,27 | 80,59 | 50,69 | 59,58 | 1093,02 | 729,91 |
| 53 | Macho inteiro | 50 | 49,48 | 80,62 | 53,06 | 71,71 | 1161,75 | 764,01 |
| 55 | Macho inteiro | 50 | 47,13 | 88,46 | 50,54 | 71,76 | 1235,61 | 727,78 |
| 28 | Macho castrado | 25 | 44,98 | 87,02 | 52,63 | 61,43 | 1163,87 | 719,34 |
| 34 | Macho castrado | 25 | 43,12 | 85,69 | 50,45 | 60,02 | 1143,43 | 689,63 |
| 37 | Macho castrado | 25 | 43,76 | 87,10 | 51,20 | 59,01 | 1150,96 | 699,87 |
| 40 | Macho castrado | 25 | 43,83 | 103,64 | 51,28 | 59,04 | 1306,50 | 700,90 |
| 27 | Macho castrado | 50 | 37,10 | 80,37 | 43,41 | 53,37 | 1055,89 | 593,30 |
| 29 | Macho castrado | 50 | 38,64 | 79,96 | 45,20 | 58,46 | 1080,84 | 617,90 |
| 30 | Macho castrado | 50 | 41,33 | 83,59 | 48,35 | 59,91 | 1123,10 | 660,93 |
| 33 | Macho castrado | 50 | 43,76 | 90,75 | 51,20 | 63,40 | 1209,98 | 699,87 |
| 5 | Fêmea | 25 | 45,57 | 87,32 | 43,80 | 48,41 | 1093,26 | 675,05 |
| 9 | Fêmea | 25 | 47,04 | 81,11 | 45,22 | 50,08 | 1044,31 | 696,90 |
| 15 | Fêmea | 25 | 53,02 | 106,48 | 50,96 | 61,00 | 1344,19 | 785,45 |
| 18 | Fêmea | 25 | 45,88 | 65,98 | 44,10 | 54,71 | 928,28 | 679,65 |
| 8 | Fêmea | 50 | 46,50 | 88,94 | 44,69 | 51,10 | 1123,61 | 688,85 |
| 11 | Fêmea | 50 | 49,99 | 106,41 | 48,05 | 61,08 | 1344,06 | 740,60 |
| 12 | Fêmea | 50 | 43,78 | 67,08 | 42,08 | 53,37 | 931,10 | 648,60 |
| 13 | Fêmea | 50 | 45,72 | 95,30 | 43,95 | 47,53 | 1163,27 | 677,35 |
| | | | | | | | | |
| 6 | Fêmea | MANT | 46,27 | 48,41 | 44,47 | 43,65 | 700,95 | 685,40 |
| 17 | Fêmea | MANT | 45,64 | 44,88 | 43,87 | 45,93 | 680,66 | 676,20 |
| 14 | Fêmea | MANT | 44,64 | 59,11 | 42,90 | 45,09 | 809,60 | 661,25 |
| 19 | Fêmea | MANT | 45,02 | 50,94 | 43,28 | 44,08 | 727,14 | 667,00 |
| 25 | Macho castrado | MANT | 45,49 | 52,12 | 53,23 | 56,95 | 810,79 | 727,54 |
| 26 | Macho castrado | MANT | 39,21 | 42,40 | 45,88 | 45,87 | 656,96 | 627,12 |
| 38 | Macho castrado | MANT | 38,70 | 53,78 | 45,28 | 48,31 | 777,66 | 618,92 |
| 39 | Macho castrado | MANT | 41,14 | 64,91 | 48,13 | 51,27 | 898,83 | 657,86 |
| 47 | Macho inteiro | MANT | 46,03 | 52,47 | 49,36 | 54,59 | 800,74 | 710,73 |
| 50 | Macho inteiro | MANT | 48,30 | 58,18 | 51,80 | 54,73 | 855,22 | 745,90 |
| 54 | Macho inteiro | MANT | 50,17 | 61,86 | 53,80 | 60,73 | 923,55 | 774,67 |
| 60 | Macho inteiro | MANT | 44,30 | 51,58 | 47,51 | 49,83 | 765,57 | 684,09 |
| | | | | | | | | |
| 7 | Fêmea | REF | - | 43,188403 | - | 42,277435 | 644,13 | - |
| 10 | Fêmea | REF | - | 49,089213 | - | 43,098991 | 704,19 | - |
| 16 | Fêmea | REF | - | 44,647186 | - | 46,963104 | 684,26 | - |
| 20 | Fêmea | REF | - | 41,135959 | - | 39,159277 | 607,26 | - |
| 31 | Macho castrado | REF | - | 37,227213 | - | 44,979606 | 603,38 | - |
| 35 | Macho castrado | REF | - | 42,682082 | - | 47,826572 | 670,67 | - |
| 36 | Macho castrado | REF | - | 38,436485 | - | 45,48717 | 617,60 | - |
| 45 | Macho inteiro | REF | - | 39,163149 | - | 50,666883 | 653,64 | - |
| 48 | Macho inteiro | REF | - | 42,018398 | - | 54,461944 | 701,87 | - |
| 52 | Macho inteiro | REF | - | 51,140166 | - | 48,595401 | 754,46 | - |
| 57 | Macho inteiro | REF | - | 54,408867 | - | 46,333362 | 772,40 | - |

Tabela 3 - Número do animal (NA), classe sexual - CS (macho inteiro, macho castrado e fêmea), nível de oferta de concentrado - NC (0,6 e 1,2% do PV e manutenção - MANT) peso de corpo vazio médio metabólico ($PCVZ^{0,75}$), consumo de energia metabolizável (CEM, Mcal/kg $PCVZ^{0,75}$), energia retida (ER, Mcal/kg $PCVZ^{0,75}$), produção de calor (PC, Mcal/kg $PCVZ^{0,75}$) e logaritmo da produção de calor (LOG PC) de bovinos Nelore

| ANIMAL | CS | NC | PCVZ ^{0,75} | CEM | ER | PC | LOG PC |
|--------|----------------|------|----------------------|-------|-------|-------|--------|
| 49 | Macho inteiro | 25 | 86,28 | 0,215 | 0,058 | 0,157 | -0,804 |
| 56 | Macho inteiro | 25 | 79,01 | 0,213 | 0,044 | 0,169 | -0,772 |
| 58 | Macho inteiro | 25 | 82,91 | 0,215 | 0,044 | 0,171 | -0,767 |
| 59 | Macho inteiro | 25 | 81,80 | 0,203 | 0,055 | 0,148 | -0,829 |
| 46 | Macho inteiro | 50 | 76,72 | 0,231 | 0,060 | 0,171 | -0,766 |
| 51 | Macho inteiro | 50 | 78,20 | 0,188 | 0,040 | 0,148 | -0,830 |
| 53 | Macho inteiro | 50 | 83,56 | 0,242 | 0,043 | 0,198 | -0,703 |
| 55 | Macho inteiro | 50 | 82,30 | 0,231 | 0,054 | 0,177 | -0,753 |
| 28 | Macho castrado | 25 | 79,61 | 0,206 | 0,052 | 0,155 | -0,811 |
| 34 | Macho castrado | 25 | 77,96 | 0,212 | 0,051 | 0,161 | -0,793 |
| 37 | Macho castrado | 25 | 76,94 | 0,213 | 0,053 | 0,160 | -0,797 |
| 40 | Macho castrado | 25 | 79,58 | 0,230 | 0,066 | 0,164 | -0,785 |
| 27 | Macho castrado | 50 | 71,61 | 0,231 | 0,056 | 0,175 | -0,756 |
| 29 | Macho castrado | 50 | 72,93 | 0,235 | 0,056 | 0,179 | -0,747 |
| 30 | Macho castrado | 50 | 76,39 | 0,233 | 0,056 | 0,177 | -0,753 |
| 33 | Macho castrado | 50 | 78,77 | 0,228 | 0,059 | 0,169 | -0,771 |
| 5 | Fêmea | 25 | 70,16 | 0,222 | 0,054 | 0,168 | -0,776 |
| 9 | Fêmea | 25 | 71,79 | 0,207 | 0,045 | 0,162 | -0,790 |
| 15 | Fêmea | 25 | 80,15 | 0,231 | 0,060 | 0,171 | -0,768 |
| 18 | Fêmea | 25 | 70,75 | 0,212 | 0,031 | 0,181 | -0,742 |
| 8 | Fêmea | 50 | 72,19 | 0,241 | 0,055 | 0,187 | -0,729 |
| 11 | Fêmea | 50 | 78,96 | 0,256 | 0,066 | 0,190 | -0,722 |
| 12 | Fêmea | 50 | 69,76 | 0,263 | 0,060 | 0,203 | -0,692 |
| 13 | Fêmea | 50 | 71,07 | 0,218 | 0,002 | 0,215 | -0,667 |
| | | | | | | | |
| 6 | Fêmea | MANT | 64,92 | 0,132 | 0,002 | 0,129 | -0,888 |
| 17 | Fêmea | MANT | 64,22 | 0,129 | 0,001 | 0,128 | -0,893 |
| 14 | Fêmea | MANT | 64,37 | 0,150 | 0,022 | 0,128 | -0,893 |
| 19 | Fêmea | MANT | 63,82 | 0,150 | 0,009 | 0,140 | -0,853 |
| 25 | Macho castrado | MANT | 74,14 | 0,138 | 0,011 | 0,127 | -0,897 |
| 26 | Macho castrado | MANT | 65,60 | 0,131 | 0,005 | 0,127 | -0,897 |
| 38 | Macho castrado | MANT | 67,27 | 0,151 | 0,023 | 0,128 | -0,893 |
| 39 | Macho castrado | MANT | 70,50 | 0,150 | 0,034 | 0,116 | -0,936 |
| 47 | Macho inteiro | MANT | 72,65 | 0,134 | 0,012 | 0,122 | -0,915 |
| 50 | Macho inteiro | MANT | 74,52 | 0,134 | 0,015 | 0,119 | -0,923 |
| 54 | Macho inteiro | MANT | 77,84 | 0,157 | 0,019 | 0,139 | -0,857 |
| 60 | Macho inteiro | MANT | 70,62 | 0,150 | 0,011 | 0,139 | -0,858 |

Tabela 4 - Número do animal (NA), classe sexual - CS (macho inteiro, macho castrado e fêmea), nível de oferta de concentrado - NC (0,6 e 1,2% do PV e manutenção - MANT) consumo de matéria seca médio (CMS, kg/dia), ganho médio diário (GMD, kg/dia), digestibilidades médias da matéria seca (DMS) e da matéria orgânica (MO) de bovinos Nelore

| ANIMAL | CS | NC | CMS | GMD | DMS | DMO | DFDN |
|--------|----------------|------|------|--------|-------|-------|--------|
| 49 | Macho inteiro | 25 | 8,28 | 0,95 | 54,60 | 57,93 | 40,10 |
| 56 | Macho inteiro | 25 | 7,46 | 0,88 | 58,25 | 61,61 | 43,30 |
| 58 | Macho inteiro | 25 | 7,89 | 0,94 | 55,95 | 59,04 | 39,01 |
| 59 | Macho inteiro | 25 | 7,38 | 0,85 | 57,92 | 61,02 | 44,73 |
| 46 | Macho inteiro | 50 | 7,24 | 0,74 | 64,07 | 66,90 | 44,95 |
| 51 | Macho inteiro | 50 | 6,09 | 0,42 | 61,25 | 64,29 | 41,50 |
| 53 | Macho inteiro | 50 | 8,32 | 0,88 | 59,43 | 62,16 | 38,02 |
| 55 | Macho inteiro | 50 | 7,81 | 0,97 | 63,06 | 65,53 | 43,12 |
| 28 | Macho castrado | 25 | 7,33 | 0,63 | 59,75 | 63,34 | 47,03 |
| 34 | Macho castrado | 25 | 7,36 | 0,71 | 53,67 | 57,02 | 39,48 |
| 37 | Macho castrado | 25 | 7,32 | 0,58 | 56,19 | 60,48 | 43,95 |
| 40 | Macho castrado | 25 | 8,04 | 0,75 | 56,40 | 59,69 | 42,36 |
| 27 | Macho castrado | 50 | 6,76 | 0,70 | 61,70 | 64,65 | 42,93 |
| 29 | Macho castrado | 50 | 7,05 | 0,68 | 64,05 | 67,22 | 40,33 |
| 30 | Macho castrado | 50 | 7,28 | 0,71 | 62,36 | 64,77 | 38,00 |
| 33 | Macho castrado | 50 | 7,37 | 0,73 | 62,12 | 65,47 | 39,19 |
| 5 | Fêmea | 25 | 6,84 | 0,61 | 56,76 | 60,09 | 45,44 |
| 9 | Fêmea | 25 | 6,62 | 0,56 | 53,93 | 57,25 | 41,00 |
| 15 | Fêmea | 25 | 8,22 | 0,75 | 53,60 | 57,91 | 40,62 |
| 18 | Fêmea | 25 | 6,63 | 0,64 | 57,56 | 61,98 | 44,08 |
| 8 | Fêmea | 50 | 7,13 | 0,57 | 62,44 | 66,23 | 44,11 |
| 11 | Fêmea | 50 | 8,21 | 0,94 | 64,64 | 67,70 | 47,31 |
| 12 | Fêmea | 50 | 7,44 | 0,70 | 60,08 | 63,29 | 39,38 |
| 13 | Fêmea | 50 | 6,34 | 0,52 | 65,80 | 69,69 | 43,28 |
| | | | | | | | |
| 6 | Fêmea | MANT | 3,52 | -0,059 | 63,54 | 67,58 | 54,919 |
| 17 | Fêmea | MANT | 3,41 | -0,050 | 65,39 | 69,49 | 57,871 |
| 14 | Fêmea | MANT | 3,98 | 0,086 | 64,58 | 68,82 | 56,651 |
| 19 | Fêmea | MANT | 3,94 | -0,029 | 65,79 | 69,30 | 58,129 |
| 25 | Macho castrado | MANT | 4,21 | -0,072 | 63,07 | 66,58 | 54,823 |
| 26 | Macho castrado | MANT | 3,55 | -0,024 | 64,72 | 68,18 | 54,091 |
| 38 | Macho castrado | MANT | 4,17 | 0,141 | 64,21 | 67,57 | 56,152 |
| 39 | Macho castrado | MANT | 4,35 | 0,226 | 66,05 | 69,72 | 59,018 |
| 47 | Macho inteiro | MANT | 3,99 | 0,098 | 62,83 | 66,43 | 51,770 |
| 50 | Macho inteiro | MANT | 4,11 | 0,110 | 62,75 | 66,42 | 54,454 |
| 54 | Macho inteiro | MANT | 5,04 | 0,255 | 65,70 | 69,42 | 59,097 |
| 60 | Macho inteiro | MANT | 4,37 | 0,217 | 61,90 | 66,30 | 52,444 |

Tabela 5 - Número do animal (NA), classe sexual - CS (macho inteiro, macho castrado e fêmea), nível de oferta de concentrado - NC (0,6 e 1,2% do PV e manutenção - MANT) peso de carcaça fria (PCF, kg), rendimento de carcaça fria (RCF, %), área de olho de lombo (AOL, cm²), espessura de gordura subcutânea (EGS, mm) e comprimento de carcaça (CC, cm) de bovinos Nelore

| ANIMAL | CS | NC | PCF | RCF | AOL | EGS | CC |
|--------|----------------|------|--------|-------|--------|-------|--------|
| 49 | Macho inteiro | 25 | 278,00 | 58,53 | 66,83 | 4,30 | 123,00 |
| 56 | Macho inteiro | 25 | 246,40 | 59,02 | 61,95 | 8,30 | 114,00 |
| 58 | Macho inteiro | 25 | 259,20 | 56,97 | 68,61 | 5,45 | 119,00 |
| 59 | Macho inteiro | 25 | 256,00 | 58,31 | 73,86 | 6,05 | 119,00 |
| 46 | Macho inteiro | 50 | 234,80 | 58,05 | 75,08 | 6,90 | 113,00 |
| 51 | Macho inteiro | 50 | 233,80 | 60,03 | 64,37 | 8,60 | 109,00 |
| 53 | Macho inteiro | 50 | 262,40 | 58,64 | 64,33 | 3,30 | 122,00 |
| 55 | Macho inteiro | 50 | 267,20 | 59,12 | 67,81 | 3,70 | 122,00 |
| 28 | Macho castrado | 25 | 245,00 | 58,61 | 60,64 | 10,95 | 111,00 |
| 34 | Macho castrado | 25 | 246,20 | 63,13 | 70,26 | 4,35 | 116,00 |
| 37 | Macho castrado | 25 | 224,60 | 57,44 | 60,73 | 5,25 | 117,00 |
| 40 | Macho castrado | 25 | 244,40 | 58,19 | 65,30 | 7,95 | 120,00 |
| 27 | Macho castrado | 50 | 218,60 | 59,89 | 63,59 | 9,30 | 106,00 |
| 29 | Macho castrado | 50 | 217,00 | 57,87 | 54,68 | 5,25 | 117,00 |
| 30 | Macho castrado | 50 | 239,20 | 60,94 | 70,98 | 7,40 | 110,00 |
| 33 | Macho castrado | 50 | 232,20 | 55,75 | 65,50 | 7,80 | 112,00 |
| 5 | Fêmea | 25 | 200,80 | 57,70 | 61,74 | 9,20 | 119,00 |
| 9 | Fêmea | 25 | 210,40 | 59,44 | 61,55 | 11,35 | 110,00 |
| 15 | Fêmea | 25 | 245,00 | 56,13 | 52,58 | 8,75 | 121,00 |
| 18 | Fêmea | 25 | 201,40 | 58,12 | 50,49 | 5,65 | 118,00 |
| 8 | Fêmea | 50 | 213,80 | 59,55 | 71,49 | 8,85 | 110,00 |
| 11 | Fêmea | 50 | 247,00 | 57,38 | 78,08 | 5,80 | 123,00 |
| 12 | Fêmea | 50 | 201,20 | 57,32 | 61,63 | 12,30 | 113,00 |
| 13 | Fêmea | 50 | 212,00 | 61,01 | 60,97 | 4,55 | 105,00 |
| | | | | | | | |
| 6 | Fêmea | MANT | 166,40 | 58,28 | 48,756 | 4,45 | 103,00 |
| 17 | Fêmea | MANT | 166,40 | 58,90 | 51,452 | 4,20 | 107,00 |
| 14 | Fêmea | MANT | 161,80 | 55,32 | 46,633 | 2,60 | - |
| 19 | Fêmea | MANT | 159,00 | 56,58 | 56,541 | 4,35 | 105,00 |
| 25 | Macho castrado | MANT | 200,20 | 58,37 | 56,880 | 3,45 | 115,00 |
| 26 | Macho castrado | MANT | 165,25 | 55,45 | 58,947 | 3,00 | 100,00 |
| 38 | Macho castrado | MANT | 182,80 | 58,50 | 63,797 | 2,85 | 110,00 |
| 39 | Macho castrado | MANT | 197,20 | 58,09 | 62,223 | 4,90 | - |
| 47 | Macho inteiro | MANT | 203,20 | 61,76 | 66,555 | 2,35 | 111,00 |
| 50 | Macho inteiro | MANT | 203,70 | 57,22 | 62,278 | 3,20 | 104,00 |
| 54 | Macho inteiro | MANT | 215,60 | 55,14 | 56,088 | 2,35 | 110,00 |
| 60 | Macho inteiro | MANT | 190,20 | 56,11 | 62,869 | 2,45 | 108,00 |