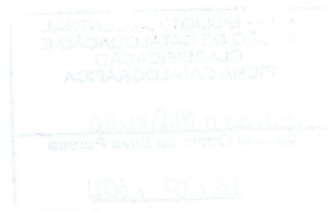


KARINA ZORZI

**CONSUMO ALIMENTAR RESIDUAL E RELAÇÕES COM
CARACTERÍSTICAS NUTRICIONAIS E DE QUALIDADE DA CARNE EM
BOVINOS NELORES**

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

**VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2011**



Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e
Classificação da Biblioteca Central da UFV

T

Z88c
2011

Zorzi, Karina, 1981-
Consumo alimentar residual e relações com características
nutricionais e de qualidade da carne em bovinos Nelores /
Karina Zorzi. – Viçosa, MG, 2011.
xiii, 71f. : il. ; 29cm.

Inclui apêndices.

Orientador: Augusto César de Queiroz.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa.

Inclui bibliografia.

1. Bovino de corte - Nutrição. 2. Nelore (Zebu) -
Carcaças. 3. Bovino - Registros de desempenho.
4. Carne bovina - Qualidade. 5. Nelore (Zebu) - Alimentação
e rações. I. Universidade Federal de Viçosa. II. Título.

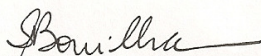
CDD 22. ed. 636.20852

KARINA ZORZI

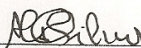
**CONSUMO ALIMENTAR RESIDUAL E RELAÇÕES COM
CARACTERÍSTICAS NUTRICIONAIS E DE QUALIDADE DA CARNE EM
BOVINOS NELORES**

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

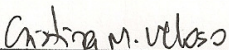
APROVADA: 21 de Junho de 2011



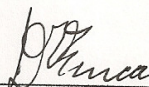
Dr.^a Sarah Figueiredo Martins Bonilha
(Coorientadora)



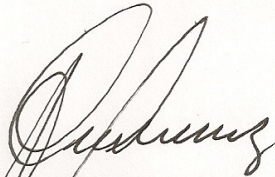
Dr.^a Márcia Maria Cândido da Silva
(Coorientadora)



Prof.^a Cristina Mattos Veloso



Prof. Dilermando Miranda da Fonseca



Prof. Augusto César de Queiroz
(Orientador)

A Deus, por ter me dado forças para superar as dificuldades que tive durante esta caminhada...

À minha amada mãe, que, apesar de ausente fisicamente, me dá forças para continuar e lutar.

Ao meu querido pai, por ser meu porto seguro, sempre me apoiando e incentivando, para a realização deste curso.

Às minhas irmãs, Carolina e Janaina.

Ao meu irmão Gabriel.

À minha querida afilhada Júlia.

Aos meus lindos sobrinhos Beatriz e Gustavo.

À minha avó Aparecida e à tia Marilda pelo amor e carinho.

Aos meus avós paternos, Milton e Eleonora (*in memoriam*) e materno (Adhemar) (*in memoriam*), pelo amor e carinho.

Ao Euzébio pelo amor, carinho, compreensão, incentivo e por estar sempre ao meu lado em todos os momentos ao longo de cinco anos e que perdurará para todo o sempre.

Agradeço as amigas que pude conquistar em Viçosa, muito obrigada.

Dedico

AGRADECIMENTOS

A DEUS, pela vida e saúde.

À Universidade Federal de Viçosa, pelo acolhimento desde a graduação, instituição da qual me orgulho de ter passado e que sempre amarei.

Ao Departamento de Zootecnia, pela oportunidade de realização deste curso.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de estudos e pelo financiamento do projeto de pesquisa.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) por ter financiado uma parte do projeto de pesquisa.

Aos meus pais pelos ensinamentos de vida, amor incondicional, pela compreensão, apoio, incentivo, confiança e por estarem sempre ao meu lado.

Aos meus irmãos pela alegria e carinho em todos os momentos.

À minha querida vovó Aparecida, à minha tia Marilda e ao meu tio Gilmar.

Às vizinhas queridas Morena e Telma

Agradecer em especial aos amigos Eric, Erick, Ériton, Claudinha, Fabiana Lana, Geraldo Bayão, Janderson, Lívia, Márcia Cândido, Plínio pela amizade e grande apoio na condução das atividades de laboratório, além da agradável convivência.

Aos grandes amigos João Paulo Monnerat, Márcio Duarte e Ivanna pela amizade, dedicação, atenção, ajuda e ensinamentos no decorrer das atividades de laboratório.

Aos meus amigos queridos sem limite: Cláudia Sampaio, Darcilene Figueiredo, Geraldo Bayão, João Paulo Monnerat, Luciana Lacerda, Isis Lazzarini e Viviane Carli sempre presentes nos melhores momentos, ou, pelo menos, tentando tornar os momentos cada vez melhores!

Ao professor Augusto César de Queiroz, pela orientação, pela confiança, pelo exemplo profissional e, sobretudo, pela amizade no decorrer do curso.

Aos professores e pesquisadores Cristina Mattos Veloso; Dilermando Miranda Fonseca; Márcia Maria Cândido da Silva e Sarah Figueiredo Martins Bonilha pelos ensinamentos e valiosa participação na banca.

Ao professor Pedro Veiga Rodrigues Paulino por ter concedido seu laboratório, ao incentivo e ensinamentos meu muito obrigada!!!.

Aos Professores Domício do Nascimento Júnior; Edenio Detmann; Mário Fonseca Paulino e Pedro Veiga Rodrigues pelos ensinamentos primordiais.

Aos funcionários, Adilson, Antônio, Celeste, Fabiana, Fernando, Fernanda, Mário, Mário (laboratório), Monteiro, Nataniel, Plínio, Rosana, Vera, e em especial ao Wellington (WPC) pelo apoio e atenção dispensada durante todo o trabalho.

Às pesquisadoras do Instituto de Zootecnia, em especial à Sarah Figueiredo Martins Bonilha e Renata Helena Branco por abrirem as portas do Instituto de Zootecnia à minha participação neste trabalho. Agradeço também por todos os ensinamentos, profissionais e pessoais, toda paciência e confiança.

À pesquisadora Sarah pela atenção, dedicação, competência e transmissão de conhecimentos e pelo imprescindível acompanhamento durante esta tese.

À pesquisadora Maria Eugênia Zerlotti Mercadante pelo apoio durante a condução do experimento.

À grande família do Instituto de Zootecnia de Sertãozinho, na qual fui recebida com muito carinho e onde sempre me senti em casa. Em especial ao Sr. José Furtado e Pinga, pelos ensinamentos, responsabilidade e comprometimento com o experimento.

Aos amigos que fiz no Instituto de Zootecnia de Sertãozinho (Ana Cecília, Brás, Cará, Eduardo Bonilha, Eduardo, Elaine, Estela, Fra, Irma, Leandro, Leonardo, Rô, e Tiago), em especial a uma pessoa maravilhosa que Deus colocou em meu caminho, de um coração enorme e que admiro tanto, Tatiana Sobrinho.

Aos funcionários do Instituto de Zootecnia de Nova Odessa pelo auxílio nos abates.

Ao Centro de Pesquisa e Desenvolvimento de Carnes do ITAL, em especial à pesquisadora Márcia Mayumi Harada.

Ao Professor Luis Artur Loyola Chardulo, por ter concedido seu laboratório para realização de análises laboratoriais

À Janaina Conte Hadlich por ter me ajudado e orientado na análise de índice de fragmentação miofibrilar, muito obrigada!!!

A todos os meus amigos e parentes, que acreditaram e confiaram na concretização do meu trabalho.

E a todos aqueles que contribuíram de alguma forma para que este trabalho se tornasse realidade e sempre serão lembrados com respeito e carinho.

BIOGRAFIA

Karina Zorzi, filha de Milton Gabriel Zorzi Júnior e Edna Aparecida Marcondes Zorzi (*in memoriam*), nasceu na cidade de Osasco, São Paulo em 15 de Agosto de 1981.

Em maio de 2006, graduou-se em Zootecnia pela Universidade Federal de Viçosa.

Em maio de 2006, iniciou o curso de Mestrado em Zootecnia pela Universidade Federal de Viçosa, concentrando seus estudos na área de Nutrição e Produção de Ruminantes, submetendo-se à defesa de dissertação em 26 de fevereiro de 2008.

Em março de 2008, iniciou o curso de Doutorado em Zootecnia pela Universidade Federal de Viçosa, desenvolvendo seus estudos na área de Nutrição e Produção de Ruminantes, submetendo-se à defesa de tese em 21 de junho de 2011.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO	vii
ABSTRACT	xi
INTRODUÇÃO GERAL	1
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	3
CAPÍTULO 1 – Consumo alimentar residual e suas relações com características qualitativas da carne em bovinos Nelore	
Resumo	5
Abstract	8
Introdução	11
Material e Métodos	13
Resultados e Discussão	22
Conclusões	35
Referências Bibliográficas	35
CAPÍTULO 2 – Consumo alimentar residual e digestibilidade, metabólitos sanguíneos e comportamento ingestivo em bovinos Nelore	
Resumo	40
Abstract	42
Introdução	44
Material e Métodos	46
Resultados e Discussão	51
Conclusões	63
Referências Bibliográficas	64
APÊNDICES	69
Apêndice A	70
Apêndice B	71

RESUMO

ZORZI, Karina, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, junho de 2011. **Consumo alimentar residual e relações com características nutricionais e de qualidade da carne em bovinos Nelores.** Orientador: Augusto César de Queiroz. Coorientadoras: Sarah Figueiredo Martins Bonilha e Márcia Maria Cândido da Silva.

O presente trabalho foi desenvolvido a partir de dois experimentos. Em ambos, bovinos Nelore não castrados foram terminados em confinamento em baias individuais até atingirem 4 mm de espessura de gordura subcutânea (EGS) no músculo *Longissimus dorsi* (LD), critério definido para abate. A dieta do Experimento 1, referente ao ano de 2009, foi composta por feno de capim braquiária (*Brachiaria brizantha*), milho, caroço de algodão, farelo de algodão, polpa cítrica, ureia e mistura mineral. A dieta do Experimento 2, referente ao ano de 2010, foi composta por feno de tifton (*Cynodon spp.*), bagaço de cana, milho, caroço de algodão, farelo de algodão, polpa cítrica, uréia e mistura mineral. A relação volumoso:concentrado utilizado foi 19:81 para ambos os experimentos. O consumo voluntário de cada animal foi calculado pela diferença entre o oferecido e as sobras. Para tanto, as sobras foram pesadas diariamente e amostradas semanalmente em 10% do seu peso, sendo realizados ajustes para que estas se mantivessem entre 5 e 10% do total oferecido. Nos dois experimentos, o CAR de cada animal foi obtido pela diferença entre o consumo de massa seca observado (kg/dia) e o consumo estimado em função de seu desempenho estimado por uma equação de regressão entre o peso corporal médio metabólico e o ganho médio diário (kg/dia) dos animais. A identificação do CAR foi realizada no período pós desmame, sendo assim, os animais quando entraram na terminação já estavam previamente identificados. Em ambos os experimentos, o delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, sendo os dados analisados pelo procedimento MIXED do SAS. As médias foram ajustadas pelo método dos quadrados mínimos e comparadas pelo teste t, a 5% de probabilidade. No Experimento 1, oito animais compuseram a linha base e foram abatidos logo após o período de adaptação para servirem de referência quanto à composição corporal para os demais animais que permaneceram no experimento. Parte dos animais restantes (n=17) recebeu dieta *ad libitum* para atender as exigências de ganho e parte (n=9) recebeu dieta restrita de 65 g massa seca/kg de peso metabólico para atender as exigências de manutenção. Estes animais receberam três tipos de dietas distintas, pois foi feito um estudo paralelo à este no qual objetivou-se estudar as

exigências nutricionais em bovinos Nelore identificados para consumo alimentar residual (CAR). No Experimento 2, todos os animais receberam dieta *ad libitum*. No primeiro capítulo desta tese objetivou-se avaliar o efeito de classes divergentes de CAR sobre as características qualitativas da carcaça de bovinos Nelore. Para tanto foram avaliados os animais dos Experimentos 1 e 2 conjuntamente, totalizando 59 animais previamente identificados para CAR e classificados em alto CAR ($>$ média + 0,5 Desvio Padrão; n=27) e baixo CAR ($<$ média - 0,5 Desvio Padrão; n=32), com peso corporal médio inicial de 369 kg e idade média de 567 dias terminados em baias individuais. O critério de abate foi 4 mm de EGS, entre as 12^a e 13^a costelas, medida por ultrassom. Após o período de resfriamento, as carcaças foram pesadas, separadas nos quartos primários e desossadas e realizou-se a mensuração do pH, área de olho de lombo (AOL), EGS e espessura de gordura na garupa (EGG) e análises de cor. Em seguida foram coletadas amostras do músculo LD para realização das análises de qualidade de carne. Foram retirados 4 bifes de 2,5 cm de espessura, mantidos em câmara refrigerada à temperatura de 2°C. A primeira amostra foi congelada no dia da desossa, simulando a carne não maturada; a segunda amostra no dia sete pós-desossa, simulando a maturação de sete dias; a terceira amostra no dia 14 pós-desossa e a quarta amostra no dia 21 pós-desossa, simulando os períodos de maturação comercialmente utilizados. As análises de força de cisalhamento (FC), perdas por cocção (PCOC), perdas por exsudação (PEXS), perdas totais (PTOTAIS) e índice de fragmentação miofibrilar (IFM) foram realizadas nessas amostras. Foram também retiradas amostras para determinação do teor de colágeno solúvel e total, comprimento de sarcômero e perfil de ácidos graxos da gordura da cavidade abdominal e intramuscular. Os dados de perfil de ácidos graxos não entraram na presente tese. Os animais mais eficientes consumiram 0,730 kg/dia de massa seca (MS) a menos em relação aos menos eficientes. Detectaram-se diferenças ($P < 0,05$) para consumo de massa seca expresso em kg/dia, em percentual de peso corporal e em gramas por kg de peso corporal metabólico, sendo os animais de alto CAR os que apresentaram maiores consumos. Animais das classes de alto e baixo CAR apresentaram desempenhos semelhantes ($P > 0,05$), com 0,97 kg e 0,91 kg/dia de ganho de peso, respectivamente. Não foram encontradas diferenças significativas ($P > 0,05$) no peso corporal ao abate (PCA), peso do corpo vazio (PCVZ), pesos da carcaça, tanto quente como resfriada, AOL, EGS e EGG. Em relação ao rendimento de carcaça quente e resfriada e proporções de % traseiro, dianteiro e ponta de agulha, não foram detectadas diferenças significativas ($P > 0,05$) entre as classes de

CAR. O pH final medido no LD e no lagarto (*M.Semitendinosus*) foram semelhantes ($P>0,05$) entre os grupos de CAR. A FC, o IFM e o teor de colágeno solúvel foram influenciados pelas classes de CAR sendo observado o aumento da FC e colágeno solúvel e redução dos valores de IFM para o baixo CAR em relação ao alto CAR. Contudo, os valores de FC para o dia 14 e 21 dias de maturação foram semelhantes ($P>0,05$) entre as classes de CAR e verificou-se apenas no dia 0 diferença significativa ($P<0,05$) para IFM. Apesar das diferenças encontradas nos valores de IFM e FC serem significativas para o dia zero, a análise de comprimento de sarcômero demonstrou semelhança entre as classes de CAR. Os valores de luminosidade L^* , a^* e b^* da carne não diferiram entre as classes de CAR ($P>0,05$). No segundo capítulo, objetivou-se estudar as relações entre CAR e características nutricionais e metabólitos sanguíneos. Foram utilizados 25 machos não castrados Nelore, previamente classificados para alto CAR ($>$ média + 0,5 DP; $n=12$) e baixo CAR ($<$ média - 0,5 DP; $n=13$), provenientes de um mesmo grupo contemporâneo com peso corporal médio inicial de 398 kg e idade média de 573 dias. Os animais mais eficientes consumiram 0,674 kg/dia de MS a menos em relação aos menos eficientes. Não foram detectadas diferenças ($P>0,05$) para consumo de massa seca expresso em kg/dia, em percentual do peso corporal e em gramas por kg de peso corporal metabólico. Os animais não apresentaram diferenças ($P>0,05$) em desempenho entre as classes de CAR alto e baixo, com 1,37 e 1,32 kg/dia de ganho de peso, respectivamente. Contudo, foram detectadas diferenças significativas ($P<0,05$) na excreção e no coeficiente de digestibilidade da fibra em detergente neutro corrigido para cinzas e proteína (FDNcp) entre as classes de CAR, sendo que animais de alto CAR apresentaram maior excreção fecal e menor coeficiente de digestibilidade para FDNcp. Quanto ao comportamento ingestivo não houve diferenças ($P>0,05$) entre os animais mais e menos eficientes para nenhuma das variáveis analisadas. Quanto aos metabólitos sanguíneos avaliados, verificou-se diferenças ($P<0,05$) apenas para os níveis séricos de cortisol no final do período de terminação, sendo os animais mais eficientes os que apresentaram menor concentração de cortisol, componente chave para a resposta fisiológica em situações de estresse. Diante dos resultados obtidos torna-se extremamente necessário quantificar as relações existentes entre o CAR e as bases biológicas que o afetam, devido a sua intrínseca relação com as exigências de manutenção e composição corporal e da carcaça, sem ocasionar prejuízos às características qualitativas da carcaça. Assim, este trabalho foi desenvolvido objetivando avaliar possíveis diferenças entre classes de consumo alimentar residual (alto e baixo) em

características e parâmetros qualitativos da carne (EGS, EGG, AOL, rendimento de traseiro, dianteiro e ponta de agulha, rendimento de cortes nobres, FC, IFM, comprimento de sarcômero bem como colágeno e pH), características nutricionais (consumo de massa seca, ganho de peso, digestibilidade e consumo de nutrientes), metabólitos sanguíneos (IGF-I, insulina, cortisol e ácidos graxos livres) e comportamento ingestivo.

ABSTRACT

ZORZI, Karina, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, June of 2011. **Residual feed intake and its relationship with nutritional characteristics and meat quality in Nellore.** Adviser: Augusto César de Queiroz. Co-Advisers: Sarah Figueiredo Martins Bonilha and Márcia Maria Cândido da Silva.

This work was constituted of two experiments. In both, the animals were finished in confinement into individual stalls until they reached 4 mm of subcutaneous fat thickness (SFT) in the *Longissimus dorsi* (LD) as a criterion for slaughter. The diet of Experiment 1 for the year 2009 was composed of grass hay (*Brachiaria brizantha*), corn, cottonseed meal, cotton bran, citrus pulp, urea and mineral mix. The diet of Experiment 2 for the year 2010 was composed of Tifton hay (*Cynodon spp.*), bagasse, corn, cottonseed meal, cotton bran, citrus pulp, urea and mineral mix. The roughage to concentrate ratio was 19/81 for both experiments. The intake of each animal was calculated as the difference between the offered and the residual feed. For that, the residual feed was weighed daily and 10% of its weight was collected weekly, these samples were adjusted to keep them between 5 and 10% of the total offered. In both experiments, the RFI of each animal was obtained by the difference between the observed dry mass intake (DM/kg) and the estimated intake due to its performance estimated by a regression equation between body weight and metabolic average daily gain (kg/day) of the animals. Identification of the RFI was held in the period after weaning; this way, the animals were previously identified when they entered the finishing phase. In both experiments, the experimental design was completely randomized, and the data analyzed by MIXED procedure of SAS. The means were adjusted by the least squares method and compared by *T test* at 5% probability. In the Experiment 1, eight animals were included in the base line and were slaughtered immediately after the adjustment period to serve as reference for body composition for the other animals that remained in the experiment. Part of the remaining animals (n=17) were fed *ad libitum* in an attempt to meet the requirements of weight gain and part (n=9) received a restricted diet of 65 g DM/kg of metabolic weight, to meet the body maintenance requirements. Three types of diets were given to these animals, due to a parallel study from which the objective was to evaluate the nutritional requirements of Nellore identified for residual feed intake (RFI). In the Experiment 2, all animals were fed *ad libitum*. The first chapter of this thesis aimed to evaluate the effect of different residual food intake (RFI) classes on the qualitative characteristics of Nellore carcass.

Therefore, we evaluated the animals in Experiments 1 and 2 together, totalizing 59 animals previously identified for RFI and classified as high ($> \text{mean} + 0.5 \text{ SD}$, $n = 15$) and low RFI ($< \text{mean} - 0.5 \text{ SD}$, $n = 19$) with initial body weight of 369kg and an average age of 567 days finished in individual stalls. The requirement of slaughter was 4 mm of subcutaneous fat thickness (SFT) between the 12th and 13th ribs measured by ultrasound. After the cooling period, the carcasses were weighed, separated in primary quarters, deboned and it was carried out the measurement of pH, loin eye area (LEA), fat thickness in *Longissimus* (SFT) and rump fat thickness (RFT) and color analysis. Afterward, samples of the *Longissimus dorsi* (LD) were collected to carry out meat quality analysis. Four steaks of 2.54 cm thickness were removed and kept in a cold room at 2°C. The first steak sample was frozen at the day of deboning c; the second sample at day 7 after deboning, simulating the seven days maturation; the third sample at 14 days post deboning and fourth sample at 21 days post deboning, simulating the maturation periods commercially used. The analysis of shear force (SF), cooking losses (CL), drip losses (DL), total losses (TL) and myofibrillar fragmentation index (MFI) were carried out in these samples. In addition, samples were collected for determination of total and soluble collagen, sarcomere length and fatty acid profile of fat from the abdominal cavity and muscle. Data on fatty acid profile did not enter in this thesis. The more efficient animals consumed 0.730 kg/day of dry matter (DM) less than the less efficient. Differences in dry matter intake were detected as a percentage of body weight ($P > 0.05$) and grams per kilogram of metabolic body weight, in which high RFI animals showed the highest intakes. Animals from high and low classes of RFI had similar performances ($P > 0.05$), with 0.97 kg and 0.91 kg/day of weight gain, respectively. There were no significant differences ($P > 0.05$) in live weight at slaughter (LWS), empty body weight (EBW), carcass weights both hot and cold, as well as in LEA, SFT, RFT. Considering the yields in hot and cold carcass, percentage of rear, front and side cuts, there were no significant differences between the classes of RFI ($P > 0.05$). The final pH measured in LD and eye round (*M. semitendinosus*) was similar ($P > 0.05$) between the different classes of RFI. The SF, MFI and concentration of soluble collagen were affected ($P > 0.05$) by the classes of RFI, in which it was observed increased SF and soluble collagen and decreased levels of MFI for the low RFI class when compared to the high RFI class. Nevertheless, the SF values at 14 and 21 days of maturation were similar and there was significant difference only on day 0 for MFI. Although the values of MFI and SF were significantly different at day zero, the analysis of sarcomere length

demonstrated similarities between the classes of RFI. The brightness (L^*), redness (a^*), and yellowness (b^*) values of the meat did not differ between groups ($P>0.05$). The second chapter of this thesis aimed to study nutritional characteristics and blood metabolites. It was used 25 males Nellore, uncastrated previously ranked as high RFI ($> \text{mean} + 0.5 \text{ SD}$, $n = 12$) and low RFI ($< \text{mean} - 0.5 \text{ SD}$, $n = 13$) from the same group with average weight of 397 kg and average age of 573 days. The more efficient animals consumed 0.674 kg/day of DM less than the less efficient. No differences were detected ($P>0.05$) for the dry matter intake expressed in kg/day in percentage of body weight and in g/kg of metabolic body weight. The animals showed no differences ($P>0,05$) in performance for the high RFI class, presenting 1.37 and 1.32 kg/day of weight gain, respectively. However, significant differences were detected in the excretion and in neutral detergent fiber digestibility corrected for ash and protein (NDFap) between the classes of RFI, in which high RFI animals had higher fecal excretion ($P = 0.0080$) and lower digestibility of NDFap. As for ingestive behavior, there were no differences between the most and the least efficient animals for the variables analyzed. As for the blood metabolites evaluated, there was difference ($P<0,05$) only for serum cortisol at the end of the finishing period, which the more efficient animals presented lower cortisol concentration, a key component for the physiologic response to stress. Based on these results it becomes extremely necessary to quantify the relationship between the RFI and the biological basis that affect it, considering its intrinsic relation to the energy maintenance requirement and to body and carcass composition, without compromising the qualitative characteristics of the carcass. Thus, this work had the objective to evaluate possible differences between classes of residual feed intake (high and low) in characteristics and meat quality parameters (SFT, RFT, LEA, rear, front and spare ribs yield, prime cuts income, SF, MFI, sarcomere length as well as collagen and pH), nutritional characteristics (dry mass intake, weight gain, digestibility and nutrient intake), blood metabolites (IGF-I, insulin, cortisol and free fatty acids) and ingestive behavior.

INTRODUÇÃO GERAL

Estudos recentes de eficiência em bovinos mostram a necessidade de se enfatizar a redução dos “inputs”, a fim de aumentar a eficiência e maximizar a lucratividade do sistema de produção como um todo. Isto é ainda mais relevante quando se constata que a redução do uso de recursos naturais bem como de produção de resíduos poluentes (esterco, metano etc.) por unidade de carne produzida já é uma necessidade importante tanto do ponto de vista econômico (Basarab et al., 2003) quanto do “marketing” da carne bovina.

Em sistemas de produção de gado de corte, a qualidade e a quantidade ingerida de nutrientes são determinantes do desempenho animal. Como a alimentação representa o item de maior importância econômica dentro dos sistemas de produção de carne, sendo um dos fatores responsáveis pelas flutuações na lucratividade, melhorias na eficiência de uso dos alimentos, bem como dos seus nutrientes, devem ser sempre investigadas. Gibb & McAllister (1999) reportaram que um incremento de 5% na eficiência alimentar tem impacto econômico quatro vezes superior ao obtido na melhoria de 5% na taxa de ganho médio diário de peso. Neste contexto, a identificação dos animais para consumo alimentar residual (CAR) pode ser uma alternativa para melhoria da lucratividade na produção de carne bovina.

O CAR refere-se ao método, apresentado pela primeira vez por Koch et al. (1963), como sendo o desvio do consumo observado de um animal em relação ao estimado a partir da utilização de um modelo preditivo de consumo alimentar. Assim, um animal com CAR negativo ingeriria menos alimento que o predito pelo modelo e, portanto, seria considerado mais eficiente no uso do alimento que um animal cujo consumo alimentar residual fosse positivo. O modelo utilizado para determinar o consumo residual pode ser formulado incluindo ajustes de dados de consumo da população e outros fatores, os quais possam afetar o consumo alimentar residual, como peso corporal e ganho de peso (Archer et al., 1994). Com esta proposta o autor lança mão de uma nova alternativa de avaliação de eficiência animal que permite comparar animais entre si sem que haja interferência dos diferentes ganhos de peso.

Vários autores (Archer et al., 1999; Carstens et al., 2002; Basarab et al., 2003; Herd et al., 2004) afirmam que o CAR está relacionado à composição do ganho de peso, sendo que os animais mais eficientes (baixo CAR) tendem a apresentar carcaças mais magras, com menor acabamento e com menor gordura intramuscular, além de menor

teor de gordura na cavidade abdominal. Estes fatores poderiam ter um impacto negativo na qualidade da carne.

Segundo Richardson & Herd (2004), várias mensurações suportam a hipótese de que as taxas de degradação protéica e de ganho em proteína total no corpo são relacionadas a variações no CAR em bovinos de corte. Correlações negativas foram encontradas entre o CAR e a porcentagem de proteína corporal, em adição a correlação negativa entre CAR e ganho protéico (Richardson et al., 2001). Embora não seja uma resposta obtida por meio da mensuração do *turnover* protéico, há indícios de maior deposição de proteína ou menor catabolismo. Isto implica que animais mais eficientes possuem mecanismo para deposição de proteína mais eficiente ou menor taxa de degradação comparados aos menos eficientes.

Apesar de um mecanismo que favoreça a deposição protéica corporal ser interessante em termos produtivos, a taxa de dissociação de miofibrilas e o aumento nas medidas objetivas de maciez da carne são positivamente correlacionadas aos níveis de atividade proteolítica do sistema calpaína no músculo após o abate (McDonagh et al., 2001).

Porém, os resultados têm se mostrado variáveis, já que outros autores não identificaram efeito do grupo de CAR (alto ou baixo) sobre as principais características de carcaça (Baker et al., 2006; Bonilha et al. 2009; Bonilha et al., 2010).

Sainz et al. (2006), trabalhando com novilhos Angus-Hereford de alto e baixo CAR, não encontraram diferenças em peso de carcaça quente (PCQ), área de olho-de-lombo (AOL), espessura de gordura subcutânea (EGS), marmorização e acabamento.

Herd et al. (2004), em revisão dos fatores biológicos possíveis de serem associados ao CAR, afirmaram que diferenças na eficiência alimentar, digestão dos alimentos, composição corporal e atividade contribuem para explicar a variação no CAR, porém, mais da metade dessa variação é devida a outros processos fisiológicos. De acordo com estimativas de Richardson & Herd (2004), os processos fisiológicos que regulam essa variação são: *turnover* protéico, estresse e metabolismo dos tecidos (37%), transporte de íons (27%), atividade (10%), digestibilidade (10%), incremento calórico (9%), composição corporal (5%) e comportamento ingestivo (2%). Esse conhecimento pode ajudar a encontrar novas tecnologias nutricionais, metabólicas e imunológicas para manipular o CAR dos bovinos em determinadas fases da criação, como por exemplo, na terminação.

A ingestão de alimentos pode ser considerada um fator de grande importância sobre a variação do CAR, uma vez que esta é responsável pelo aporte nutricional destinado aos tecidos e o metabolismo do alimento ingerido, desencadeia processos de sinalização do *status* metabólico do animal, para o sistema nervoso central (SNC), que refletem diretamente na ingestão de alimentos por mecanismo de *feedback*.

No Brasil, há carência de estudos e dados de pesquisa envolvendo a mensuração do CAR em animais Nelore e seus mecanismos metabólicos e fisiológicos, bem como seus impactos sobre características de crescimento e de carcaça. Desta forma, objetivou-se avaliar as possíveis diferenças entre classes de CAR (alto e baixo) em relação às características qualitativas da carne, bem como características nutricionais, metabólitos sanguíneos e comportamento ingestivo em machos jovens da raça Nelore terminados em confinamento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARCHER, J.A.; PARNELL, P.F.; PITCHFORD, W.S. Measurement of efficiency of feed utilization in beef cattle. In: THE ASSOCIATION FOR THE ADVANCEMENT OF ANIMAL BREEDING AND GENETICS, 9., 1994, Queenstown, New Zealand. **Proceedings...** Queenstown: Association for Advancement of Animal Breeding and Genetics, v.20, p.74-77, 1994.
- ARCHER, J.A.; RICHARDSON, E.C.; HERD, R.M.; ARTHUR, P.F. Potential for selection to improve efficiency of feed use in beef cattle: a review. **Australian Journal of Agricultural Research**, Collingwood, v.50, p.147-161, 1999.
- BAKER, S. D.; SZASZ, J. I.; KLEIN, T. A.; KUBER, P. S.; HUNT, C.W.; GLAZE Jr, J.B.; FALK, D.; RICHARD, R.; MILLER, J.C.; BATTAGLIA, R.A.; HILL, R.A. Residual feed intake of purebred Angus steers: Effects on meat quality and palatability. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.84, p.938-945, 2006.
- BASARAB, J.A.; PRICE, M.A.; AALHUS, J.L.; OKINE, E.K; SNELLING, W.M.; LYLE, K.L. Residual feed intake and body composition in young growing cattle. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v.83, p.189-204, 2003.
- BONILHA, S.F.M.; BRANCO, R.H.; ALLEONI, G.F.; CASTILHOS, A.M.; FIGUEIREDO, L.A.; RAZOOK, A.G. Effects of residual feed intake on carcass characteristics of Nelore bulls. In: 2009 ASDA-ASAS JOINT MEETING, 2009, Toronto. **Anais...** Toronto: FASS, 2009.
- BONILHA, S.F.M.; BRANCO, R.H.; NETO, A.P.; FIGUEIREDO, L.A.; RAZOOK, A.G.; CYRILLO, J.N.S.G. Características de qualidade de carne de bovinos Nelore pertencentes a classes divergentes de consumo alimentar residual. In: 47^o REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 2010, Salvador. **Anais...** Salvador: SBZ, 2010. CD-ROM.

- CARSTENS, G.E.; THEIS, C.M.; WHITE, M.B. Relationships between net feed intake and ultrasound measures of carcass composition in growing beef steers. **Beef Cattle Research in Texas**, College Station, p.31-34, 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.
- HERD, R.M.; ODDY, V.H.; RICHARDSON, E.C. Biological basis for variation in residual feed intake in beef cattle. I. Review of potential mechanisms. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v.44, p.423-430, 2004.
- KOCH, R.M.; SWINGER, L.A.; CHAMBERS, D.; GREGORY, K.E. Efficiency of feed use in beef cattle. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.22, p.486-494, 1963.
- McDONAGH, M.B.; HERD, R.M.; RICHARDSON, E.C.; ODDY, V.H.; ARCHER, J.A.; ARTHUR, P.F. Meat quality and the calpain system of feedlot steers following a single generations of divergent selection for residual feed intake. **Australian Journal of Experimental Agriculture, Collingwood**, v.41, p.1012-1021, 2001.
- 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, 2004.
- RICHARDSON, E.C.; HERD, R.M.; ODDY, V.H.; THOMPSON, J.M.; ARCHER, J.A.; ARTHUR, P.F. Body composition and implications for heat production of Angus steers progeny of parents selected for and against residual feed intake. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v.41, p.1065-1072, 2001.
- SAINZ, R.D.; CRUZ, G.D.; MONTEIRO, R.B. Carcass composition and visceral organs are similar at harvest in low- and high-residual feed intake groups of Angus-Hereford steers, **Proceedings...** Western Section: American Society of Animal Science, 2006.

Consumo alimentar residual e suas relações com características qualitativas da carne em bovinos Nelore¹

RESUMO – Objetivou-se com este estudo avaliar características de carcaça e propriedades físico-químicas da carne de bovinos Nelore terminados em baias individuais em dois períodos distintos, sendo 34 animais abatidos no ano de 2009 referente ao Experimento 1 e 25 animais abatidos no ano de 2010, referente ao Experimento 2. Assim, foram avaliados os animais dos Experimentos 1 e 2 conjuntamente, totalizando 59 animais previamente identificados para CAR e classificados em alto CAR ($>$ média + 0,5 Desvio Padrão; n=27) e baixo CAR ($<$ média - 0,5 Desvio Padrão; n=32), com peso corporal médio inicial de 369kg e idade média de 567 dias terminados em baias individuais. Em ambos os experimentos, a relação volumoso:concentrado utilizada foi 19:81. As sobras foram pesadas diariamente e amostradas semanalmente em 10% de seu peso, sendo realizados ajustes para que se mantivessem entre 5 e 10% do total oferecido. O CAR de cada animal foi obtido pela diferença entre o consumo de massa seca observado (kg/dia) e o consumo estimado em função de seu desempenho estimado por uma equação de regressão entre o peso corporal médio metabólico e o ganho médio diário (kg/dia) dos animais. A identificação do CAR foi realizada no período pós desmame, sendo assim, os animais quando entraram na terminação já estavam previamente identificados. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, sendo os dados analisados pelo procedimento MIXED do SAS. As médias foram ajustadas pelo método dos quadrados mínimos e comparadas pelo teste t, a 5% de probabilidade. No Experimento 1 referente à terminação no ano de 2009 foram utilizados 34 animais pertencentes à 27^a progênie dos rebanhos NeC e NeS. Estes animais foram previamente classificados em CAR alto ($>$ média + 0,5 desvio padrão; n=15; menos eficientes) e baixo CAR ($<$ média - 0,5 desvio padrão; n= 19; mais eficientes). Neste Experimento, oito animais compuseram a linha base e foram abatidos logo após o período de adaptação para servirem de referência quanto à composição corporal para os demais animais que permaneceram no experimento. Parte dos animais restantes (n=17) recebeu dieta *ad libitum* para atender as exigências de ganho e parte (n=9) recebeu dieta restrita de 65 g MS/kg de peso metabólico para atender as exigências de manutenção. Estes animais receberam três tipos de dietas distintos, pois foi feito um estudo paralelo à este no qual objetivou-se estudar as exigências nutricionais em bovinos Nelore identificados para CAR. No Experimento

2, todos os animais receberam dieta *ad libitum*. A dieta do experimento 1 referente ao ano de 2009, foi composta por feno de capim braquiária (*Brachiaria brizantha*), milho, caroço de algodão, farelo de algodão, polpa cítrica, uréia e mistura mineral. A dieta do Experimento 2, referente ao ano de 2010 foi composta por feno de Tifton (*Cynodon*), bagaço de cana, milho, caroço de algodão, farelo de algodão, polpa cítrica, uréia e mistura mineral. Os animais foram abatidos quando atingiram 4 mm de espessura de gordura subcutânea (EGS), entre as 12^a e 13^a costelas, medido por ultrassom. Os abates obedeceram aos procedimentos normais de frigoríficos sob inspeção federal, sendo as carcaças resfriadas a 2 °C por 24 horas. Após o período de resfriamento, as carcaças foram pesadas, separadas em quartos primários, desossadas e realizou-se a mensuração do pH, área de olho de lombo (AOL), EGS, espessura de gordura na garupa (EGG) e análises de cor da carne. Em seguida foram coletadas amostras do músculo *Longissimus dorsi* (LD), para realização das análises de qualidade de carne. Foram retirados 4 bifês de 2,5 cm de espessura mantidos em câmara refrigerada à temperatura de 2°C. A primeira amostra foi congelada no dia da desossa, simulando a carne não maturada; a segunda amostra no dia sete pós-desossa, simulando a maturação de sete dias; a terceira amostra no dia 14 pós-desossa e a quarta amostra no dia 21 pós-desossa. Foram determinados força de cisalhamento (FC), perdas por cocção (PCOC), perdas por exsudação (PEXS), perdas totais (PTOTAIS) e índice de fragmentação miofibrilar (IFM) nessas amostras. Foram também coletadas amostras para determinação de composição centesimal do LD, teores de colágeno solúvel e total, comprimento de sarcômero e perfil de ácidos graxos da gordura da cavidade abdominal e intramuscular. As análises estatísticas foram realizadas utilizando-se modelos mistos, onde classe de CAR foi considerada efeito fixo e rebanho e dieta efeitos aleatórios. As médias foram ajustadas pelo método dos quadrados mínimos e comparadas pelo teste t ao nível de 5% de probabilidade. Os animais mais eficientes consumiram 0,730 kg/dia de massa seca (MS) a menos em relação aos menos eficientes. Detectaram-se diferenças ($P < 0,05$) para consumo de massa seca em percentual de peso corporal e em gramas por kg de peso corporal metabólico, sendo os animais de alto CAR os que apresentaram maiores consumos. Animais das classes de alto e baixo CAR apresentaram desempenhos semelhantes ($P > 0,05$), com 0,97 kg e 0,91 kg/dia de ganho de peso, respectivamente. Não foram encontradas diferenças significativas ($P > 0,05$) no peso corporal de abate (PCA), peso do corpo vazio (PCVZ), pesos da carcaça, tanto quente como resfriada, AOL, EGS e EGG. As perdas por cocção, exsudação e totais, foram semelhantes

($P>0,05$) entre as classes de CAR. Não houve diferença significativa ($P>0,05$) na composição centesimal para os teores de umidade, proteína, extrato etéreo e cinzas do músculo LD. Os valores de pH no músculo LD e no lagarto (*M. Semitendinosus*) foram semelhantes ($P>0,05$) entre as classes de CAR. A FC, o IFM e o teor de colágeno solúvel foram influenciados pelas classes de CAR sendo observado o aumento da FC e colágeno solúvel e redução dos valores de IFM nos animais de baixo CAR. Contudo, a FC foi semelhante no 14^o dia *post mortem*, e para IFM semelhante com 7, 14 e 21 dias de maturação para as diferentes classes de CAR. Também, não detectaram-se diferenças ($P>0,05$) para comprimento de sarcômero entre as classes de CAR. Os valores de luminosidade L*, a* e b* da carne e o rendimento de cortes nobres da carcaça não diferiram ($P>0,05$) entre os animais mais e menos eficientes. Diante dos resultados obtidos, concluiu-se que animais identificados para baixo CAR são mais eficientes na utilização dos alimentos, sem ocasionar prejuízos às características de carcaça, rendimento e qualidade da carne em bovinos Nelore terminados em confinamento.

Palavras-chave: bovinos de corte, carcaça, carne bovina, confinamento, maciez

Residual feed intake and its relationship to meat quality of Nellore

ABSTRACT – This study aimed to evaluate the carcass characteristics and physicochemical properties of the meat from Nellore cattle finished in individual stalls in distinct periods of time, with 34 animals slaughtered in 2009 referred to Experiment 1; and 25 animals slaughtered in 2010 referred to Experiment 2. Thus, animals from Experiment 1 and 2 were evaluated together, totaling 59 uncastrated Nellore males identified as high RFI ($> \text{mean} + 0.5 \text{ SD}$, $n=27$) and low RFI ($< \text{mean} - 0.5 \text{ SD}$, $n=32$), with initial body weight of 369kg and an average age of 567 days, finished in individual stalls. In both experiments, the roughage to concentrate ratio was 19/81. The residual feed was weighed daily and 10% of its weight was collected weekly, these samples were adjusted to keep them between 5 and 10% of the total offered. The RFI of each animal was obtained by the difference between the observed dry mass intake (DM/kg) and the estimated intake due to its performance estimated by a regression equation between body weight and metabolic average daily gain (kg/day) of the animals. Identification of the RFI was held in the period after weaning; this way, the animals were previously identified when they entered the finishing phase. The experimental design was completely randomized, and the data analyzed by MIXED procedure of SAS. The means were adjusted by the least squares method and compared by *T test* at 5% probability. For the Experiment 1, referred to the finishing phase of 2009, 34 animals were used belonging to the 27th progeny of the herds NeC and NeS. These animals were previously identified as high RFI ($> \text{mean} + 0.5 \text{ SD}$, $n=15$; less efficient) and low RFI ($< \text{mean} - 0.5 \text{ SD}$, $n=19$; more efficient). In this Experiment, eight animals were included in the base line and were slaughtered immediately after the adjustment period to serve as reference to body composition for the remaining animals. Part of the remaining animals ($n=17$) were fed *ad libitum* to attend weight gain requirements; and part ($n=9$) received a restricted diet of 65 g DM/kg of metabolic weight, in an attempt to meet body maintenance requirements. Three types of diets were given to these animals, due to a parallel study from which the objective was to evaluate the nutritional requirements of Nellore identified for residual feed intake (RFI). In the Experiment 2, all animals were fed *ad libitum*. The diet of Experiment 1 for the year 2009 was composed of grass hay (*Brachiaria brizantha*), corn, cottonseed meal, cotton bran, citrus pulp, urea and mineral mix. The diet of Experiment 2, for year 2010 was composed of Tifton hay (*Cynodon spp.*), bagasse, corn, cottonseed meal, cotton ban,

citrus pulp, urea and mineral mix. The requirement of slaughter was 4 mm of subcutaneous fat thickness (SFT) between the 12th and 13th ribs measured by ultrasound. The slaughtering followed the normal procedures under slaughterhouses federal inspection, which the carcasses are cooled to 2° C for 24 hours. After the cooling period, the carcasses were weighed, separated in primary quarters, deboned and it was carried out the measurement of pH, loin eye area (LEA), fat thickness in *Longissimus* (SFT) and rump fat thickness (RFT) and color analysis of the meat. Afterward, samples of the *Longissimus dorsi* (LD) were collected to carry out meat quality analysis. Four steaks of 2.5 cm thickness were removed and kept in a cold room at 2°C. The first steak sample was frozen at the day of deboning; the second sample at day 7 after deboning, simulating the seven days maturation; the third sample at 14 days post deboning and forth sample at 21 days post deboning. The shear force (SF), cooking losses (CL), drip losses (DL), total losses (TL) and myofibrillar fragmentation index (MFI) were determined in these samples. In addition, samples were collected for determination of total and soluble collagen, sarcomere length and fatty acid profile of fat from the abdominal cavity and muscle. Statistical analysis was performed using mixed models, where the class of RFI was considered a fixed effect; and herd and diet as random effects. The means were adjusted by the least squares method and compared by *T test* at 5% probability. The more efficient animals consumed 0.730 kg/day of dry mass (DM) less than the less efficient. Differences in dry matter intake were detected as a percentage of body weight ($P < 0.05$) and grams per kilogram of metabolic body weight, in which high RFI animals showed the highest intakes. Animals from high and low classes of RFI had similar performances ($P > 0.05$), with 0.97 kg and 0.91 kg/day of weight gain, respectively. There were no significant differences ($P > 0.05$) in live weight at slaughter (LWS), empty body weight (EBW), carcass weights both hot and cold, as well as in LEA, SFT, RFT. The cooking loss, drip and total losses were similar ($P > 0.05$) between the classes of RFI. There was no significant difference in centesimal composition ($P > 0.05$) for the levels of moisture, protein, lipid and ash of the LD. The pH of the LD muscle and the eye round (*M. semitendinosus*) were similar ($P > 0.05$) between the classes of RFI. The SF, MFI and concentration of soluble collagen were affected ($P > 0.05$) by the classes of RFI, in which it was observed increased SF and soluble collagen and decreased levels of MFI for the low RFI class when compared to the high RFI class. Nevertheless, the SF values at 14 *postmortem* were similar and for MFI, the values at days 7, 14 and 21 days of maturation were similar for the different

classes of RFI. Although the values of MFI and SF were significantly different at day zero, the analysis of sarcomere length demonstrated similarities between the classes of RFI. Also, no differences were detected for sarcomere length between the classes of RFI ($P>0.05$). The brightness (L^*), redness (a^*), and yellowness (b^*) values of the meat and the prime cuts yield of the carcass did not differ ($P> 0.05$) between less and more efficient animals. Based on the results obtained in this study, it was concluded that animals identified as low RFI are more efficient in feed utilization without compromising the characteristics of carcass, meat quality and yield, in feedlot Nellore cattle.

Keywords: beef, beef cattle, carcass, feedlot, softness

Introdução

A eficiência produtiva e econômica dos sistemas de produção de gado de corte é altamente dependente de medidas racionais de manejo alimentar dos animais. Por ser o componente de maior custo no processo de produção de carne, a alimentação requer atenção especial. A existência de considerável variação genética e fenotípica, no que diz respeito à eficiência alimentar, conversão alimentar (CA), consumo alimentar residual (CAR) e eficiência parcial do consumo reflete diretamente na redução dos custos de produção e conseqüentemente melhora a eficiência global do sistema de produção de bovinos de corte.

Koch et al. (1963) propuseram o conceito de CAR, definido como o desvio do consumo observado de um animal em relação ao estimado a partir da utilização de um modelo preditivo de consumo alimentar. Os animais que apresentaram valores de consumo residual superiores que a média geral + 0,5 Desvio-Padrão foram classificados como sendo menos eficientes (alto CAR). Inversamente, os animais cujos valores individuais de CAR foram inferiores à média geral - 0,5 Desvio-Padrão foram considerados mais eficientes (baixo consumo residual). Os animais considerados eficientes possuem baixo CAR, pois ingerem menos alimento que o estimado pelo modelo para o mesmo ganho de peso.

Uma das limitações do CAR é que a maior parte da literatura consultada (Archer et al., 1999; Carstens et al., 2002; Basarab et al., 2003; Herd et al., 2004) afirma que este parâmetro de eficiência está relacionado à composição do ganho de peso, sendo que os animais mais eficientes, ou seja, baixo CAR, tendem a apresentar carcaças mais magras, com menor acabamento e com menor gordura intramuscular, além de menor teor de gordura na cavidade abdominal. Estes fatores poderiam ter impacto negativo na qualidade da carne.

O fato de animais mais eficientes terem menor *turnover* protéico pode estar relacionado a um produto final de baixa qualidade, devido a menor degradação protéica, diretamente relacionada a menor proteólise *post mortem*, resultando em carne mais dura (Sainz et al., 2004), o que também explicaria a menor exigência de manutenção apresentada por esses animais (Herd et al., 2003).

Ressalta-se a importância de investigar as relações entre o CAR e o produto final, pois as exigências estão cada vez maiores por parte dos consumidores.

Em termos gerais, a composição da carne se estabelece completamente durante a vida do animal. A qualidade é fortemente afetada por fatores *ante e post mortem*, sendo diretamente relacionada a aspectos como maciez, suculência, sabor e odor. O pH do músculo (24 horas *post mortem*) também é importante na qualidade final da carne e dos produtos preparados a partir dela, exercendo influência sobre as propriedades físicas como perdas de peso por cozimento e força de cisalhamento.

De acordo com Koohmaraie et al. (2002), comprimento de sarcômero, índice de fragmentação miofibrilar e proteólise miofibrilar esclarecem a maioria das variações observadas na maciez da carne. Dentre os fatores que interferem na qualidade de carne, a maciez é o fator de maior variabilidade, sendo o atributo mais desejável pelo consumidor.

Uma das maneiras de atenuar o problema da maciez é o processo de maturação que pode melhorá-lo em até 25% a maciez da carne, diminuindo sua eficácia quando as carcaças forem de animais com mais de quatro anos ou que sofreram rigoroso encurtamento pelo frio (Felício, 1997).

A maciez da carne também sofre influência do tecido conectivo, estado da estrutura miofibrilar e interação estrutural entre fibras e matriz extracelular (Moin, 1998). Atribui-se a menor maciez da carne de animais mais velhos às mudanças que ocorrem na estrutura química do colágeno intramuscular com o aumento da idade, particularmente em suas ligações cruzadas covalentes que estabilizam as fibras do mesmo, ao invés de aumentar a quantidade de tecido conjuntivo (Tarrant, 2001).

O tempo de queda do pH é um importante fator na obtenção da carne de qualidade. Se o valor do pH cai rapidamente, logo após o abate, a carne pode ser pálida, flácida e com baixa capacidade de retenção de água, sendo então chamada de PSE (*pale, soft, exudative*). No entanto, se o pH final permanece alto, acima de 6,20 a carne apresenta a anomalia denominada DFD (*dark, firm, dry*), que é uma carne escura, firme e seca. Neste caso, a reserva inicial de glicogênio é baixa devido a fatores *ante mortem*, como, por exemplo, uma situação de estresse antes do abate, não havendo tempo suficiente para a sua reposição no músculo.

As características de carcaça também são importantes na obtenção de carne de qualidade. Dentre as várias características que descrevem a qualidade da carne, ressalta-se a área de olho-de-lombo (AOL), que indica o potencial genético do indivíduo para musculosidade, bem como rendimento dos cortes de alto valor comercial e a espessura

de gordura subcutânea (EGS), a qual indica precocidade de acabamento da carcaça sendo um indicativo da idade ao abate dos animais (Luchiari Filho, 2000).

Logo, torna-se extremamente necessário quantificar as relações existentes entre o CAR e as bases biológicas que o afetam, devido à sua intrínseca relação com as exigências de manutenção e composição corporal e da carcaça, que, em conjunto, representam fatores que comprometem a eficiência de utilização dos alimentos e a qualidade final da carne. Todavia, a regulação fisiológica do CAR está provavelmente ligada a centenas de genes (Herd & Arthur, 2009).

Desta forma, de acordo com os pressupostos aqui apresentados, definiu-se como objetivo, neste trabalho, avaliar as relações existentes entre consumo alimentar residual e características de carcaça e importantes parâmetros de qualidade de carne em bovinos Nelore não castrados, terminados em confinamento.

Material e Métodos

O Experimento foi conduzido no Centro Avançado de Pesquisa Tecnológica dos Agronegócios de Bovinos de Corte, órgão do Instituto de Zootecnia do Estado de São Paulo, localizado na região norte do Estado de São Paulo, no município de Sertãozinho e situado a 21°10' de latitude sul e 48°5' de longitude oeste, em região de clima tropical úmido, com temperatura média anual de 24 °C e precipitação anual média de 1.888 mm.

Em 1976, foi iniciado, no Instituto de Zootecnia de Sertãozinho, um projeto de seleção para aumentar o peso pós-desmame de zebuínos, com base no desempenho individual, que consiste em manipular, dentro de limites biológicos, a equação do ganho genético, sendo os machos selecionados para maior peso aos 378 dias e as fêmeas aos 550 dias. O rebanho Nelore atual é constituído por 350 matrizes, separadas em três linhas de seleção: Controle (NeC); Seleção (NeS) e Tradicional (NeT).

O rebanho Controle (NeC) é selecionado com base em diferenciais de seleção nulos ou próximos de zero. Já os rebanhos NeS e NeT são selecionados com base nos maiores diferenciais para peso padronizado aos 378 dias, sendo a principal diferença entre eles, a entrada de animais de outros rebanhos no NeT.

No presente estudo foram utilizados 59 machos Nelore não castrados, provenientes do rebanho NeC (n=16), NeS (n=18) e NeT (n=25), previamente classificados para alto e baixo consumo alimentar residual (CAR).

O CAR expresso em kg/dia de massa seca (MS) é calculado após um período de alimentação, pela diferença entre o consumo médio de MS (CMS, kg/dia), mensurado ao longo do experimento e o consumo estimado, calculado através de equação de regressão do tamanho metabólico e do ganho de peso (GMD, kg/dia) sobre o consumo. A equação de regressão segue abaixo:

$$CMS = \beta_0 + \beta_1 \times PCM + \beta_2 \times GMD + e,$$

em que β_0 , representa o intercepto da equação; β_1 , o coeficiente de regressão do PCM; β_2 , coeficiente de regressão do GMD; PCM, o peso corporal médio metabólico ($\text{kg}^{0,75}$); GMD, o ganho médio diário (kg/dia) e o resíduo “e” representa o consumo residual.

A identificação do CAR foi realizada no período pós desmame. Os animais foram submetidos a um período de adaptação ao experimento com duração de 56 dias, onde todos receberam a mesma dieta. Após o período de adaptação deu início ao período experimental, com duração de 112 dias de confinamento para coleta de dados para classificação do CAR.

No Experimento 1 referente à terminação no ano de 2009 foram utilizados 34 animais pertencentes à 27^a progênie dos rebanhos NeC e NeS. Estes animais foram previamente classificados em alto CAR (> média +0,5 desvio padrão; n=15; menos eficientes) e baixo CAR (< média - 0,5 desvio padrão; n= 19; mais eficientes). Neste Experimento, oito animais compuseram a linha base e foram abatidos logo após o período de adaptação para servirem de referência quanto à composição corporal para os demais animais que permaneceram no experimento. Parte dos animais restantes (n=17) recebeu dieta *ad libitum* para atender as exigências de ganho e parte (n=9) recebeu dieta restrita de 65 g MS/kg de peso metabólico para atender as exigências de manutenção. Estes animais receberam três tipos de dietas distintos, pois foi feito um estudo paralelo à este no qual objetivou-se estudar as exigências nutricionais em bovinos Nelore identificados para CAR.

No Experimento 2, referente à terminação do ano de 2010, foram utilizados 25 animais Nelore pertencentes à 28^a progênie do rebanho NeT, previamente classificados em alto CAR (>média +0,5 desvio padrão; n=12; menos eficientes) e baixo CAR (<média -0,5 desvio padrão; n=13; mais eficientes).

Assim, foram utilizados 59 machos Nelore não castrados classificados como alto e baixo CAR, com peso corporal médio inicial de 369 kg e idade média de 567 dias.

No Experimento referente ao ano de 2009 foi utilizado como volumoso feno de braquiária, já no do ano de 2010 utilizou-se feno de capim tifton e bagaço de cana (Tabela 1).

Tabela 1 – Composição em ingredientes e nutricional nas dietas, com base na massa seca

Componente	Proporção	
	2009	2010
Feno de braquiária	18,60	-
Feno de tifton	-	14,50
Bagaço de cana	-	5,00
Milho	39,40	46,00
Caroço de algodão	12,30	12,00
Farelo de algodão	7,70	6,00
Polpa cítrica	18,20	14,00
Ureia	1,20	1,00
Calcáreo calcítico	0,50	0,06
Mistura mineral ¹	2,00	1,42
Rumensin	-	0,02
Sulfato de amônia	0,10	-
	Composição nutricional	
MS	85,32	83,84
MO	92,46	94,19
PB	14,07	13,99
EE	5,03	4,75
FDN	29,95	35,04
FDNcp	ND	32,64
FDA	22,93	20,10
CT	76,74	78,27
CNF	49,02	47,29
Lignina	3,69	4,15

^{1/} Composição da mistura mineral (kg do produto): 180 g Cálcio, 90 g Fósforo, 10 g Magnésio, 13 g Enxofre, 93 g Sódio, 145 g Cloro, 17 mg Selênio, 1000 mg Cobre, 826 mg Ferro, 4000 mg Zinco, 1500 mg Manganês, 150 mg Iodo, 80 mg Cobalto, 900 mg Flúor. MS = massa seca; MO = massa orgânica; PB = proteína bruta; EE = extrato etéreo; FDN = fibra em detergente neutro; FDNcp = fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína; FDA = fibra em detergente ácido; CT = carboidratos totais; CNF = carboidratos não-fibrosos; ND = não determinado.

Durante a terminação, os animais foram alojados em baias individuais de piso de concreto com aproximadamente 12 m², sendo 10 m² de cobertura e o restante destinado ao solário. A divisão das baias foi feita com arame liso e balancim ao lado do cocho, permitindo o contato visual e físico entre os animais, minimizando o estresse que a baia individual supostamente pudesse causar. Os comedouros tinham dimensões de 1,5 m de comprimento x 0,7 m de largura x 0,5 m de profundidade; e os bebedouros, dispostos na

lateral das baias, serviam a duas ao mesmo tempo, estando, ambos, comedouros e bebedouros, na porção coberta da instalação.

O consumo voluntário de alimentos por animal foi calculado pela diferença entre o fornecido e as sobras. Para tanto, as sobras foram pesadas diariamente e amostradas semanalmente em 10% do seu peso, sendo realizados ajustes para que se mantivessem entre 5 e 10% do total fornecido. No experimento 1, oito animais compuseram a linha base e foram abatidos logo após o período de adaptação (28 dias). Parte dos animais restantes (n=17) recebeu dieta *ad libitum* e parte (n=9) recebeu dieta restrita a 65 g/kg de peso metabólico, procurando suprir as exigências de manutenção. No Experimento 2, todos os animais receberam dieta *ad libitum*, sendo a relação volumoso:concentrado foi 19:81 em ambos os experimentos. Como a dieta continha ureia, os carboidratos não fibrosos (CNF) foram calculados conforme proposto por Hall (2000), sendo:

$$\text{CNF}(\%) = 100 - [(\% \text{PB} - \% \text{PBU} + \% \text{ de Ureia}) + \text{FDNcp} + \% \text{EE} + \% \text{CZ}]$$

em que: CNF = teor de carboidratos não fibrosos; PB = teor de proteína bruta; PBU = teor de proteína bruta oriunda da ureia; e U = teor de ureia, FDNcp = teor de fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína; EE = teor de extrato etéreo; CZ = teor de cinzas. Todos os termos são expressos como % da MS.

Na entrada do período de adaptação e no início do experimento, os animais foram pesados em jejum de sólidos (16 horas) e tiveram suas condições corporais avaliadas via ultrassom, sendo a primeira pesagem pós-adaptação ao confinamento representativa do peso corporal inicial (PCI) e a última representativa do peso corporal ao abate (PCA).

Os animais permaneceram confinados até atingirem 4 mm de espessura de gordura subcutânea no músculo *Longissimus dorsi* (LD), critério considerado para o abate, sendo os 28 primeiros dias destinados à adaptação às instalações e o restante dos dias à coleta de dados. O experimento foi separado em períodos para melhor distribuição da coleta de dados.

A ultrassonografia foi utilizada para a predição de área de olho-de-lombo (AOL), espessuras de gordura subcutânea no *Longissimus* (EGS) e na garupa (EGG), conforme metodologia descrita por Herring et al. (1994). As medidas de ultrassonografia foram realizadas no início, a cada 15 dias, e no final do período experimental. Para coleta de imagens, foi utilizado óleo vegetal como acoplante acústico. Os animais foram contidos, tiveram a pele limpa e preparada e as imagens coletadas. O sítio anatômico para medidas de AOL e EGS foi entre as 12ª e 13ª costelas, e para EGG na junção

dos músculos *Gluteus medius* e *Biceps femoris*. O equipamento utilizado foi o ultrassom veterinário Pie Medical Aquila (Esaote Europe B.V.) com probe de 18 cm e 3,5 MHz. As imagens foram gravadas e, posteriormente, mensuradas utilizando o programa Echo Image Viewer 1,0 (Pie Medical Equipment B.V., 1996).

Os animais foram abatidos no Abatedouro Experimental do Centro de Tecnologia de Carnes do Instituto de Tecnologia de Alimentos – ITAL, Campinas-SP. Os animais foram submetidos a jejum de água e alimentos por 16 horas e, após esse período, PCA foi determinado. Os animais foram insensibilizados com auxílio de pistola de pressão e, em seguida, foram realizadas a suspensão e a sangria, por meio de secção na veia jugular. Todo o sangue foi coletado para pesagem. A cabeça foi separada, após a retirada do couro e das patas, e todos esses componentes foram devidamente pesados. Foram também retirados e pesados o fígado, o tecido gastrointestinal livre do conteúdo (retículo, rúmen, omaso, abomaso e intestinos) e os outros órgãos (traqueia, pulmões, pâncreas, esôfago, mesentério, coração, baço, fígado, rins, rabo e pênis). A gordura renal pélvica inguinal (GRPI) foi também separada da carcaça e pesada. O peso do corpo vazio (PCVZ) foi determinado pela soma dos pesos da carcaça, sangue, cabeça, couro, patas, cauda, órgãos e vísceras vazias e limpas.

As meia-carcaças direita e esquerda foram pesadas (peso da carcaça quente, PCQ) e encaminhadas para câmara de resfriamento, com temperatura entre 0 e 2 °C por 24 horas. Transcorrido o resfriamento, foram tomadas medidas de pH, na região do músculo LD e no M. *Semitendinosus*, das meia-carcaças esquerdas, utilizando-se potenciômetro digital para mensuração do pH. Em seguida, as meia-carcaças foram retiradas da câmara e pesadas (peso da carcaça resfriada, PCR). O rendimento de carcaça (%) foi obtido pela relação entre o peso da carcaça e o peso em jejum no dia do abate. Depois as carcaças foram novamente pesadas, e tiveram suas medidas de espessura de EGS, EGG, comprimento, profundidade e AOL da meia-carcaça esquerda.

Na mensuração do comprimento da carcaça foi utilizada uma fita métrica, tomando-se a distância entre o bordo anterior do osso púbis ao bordo cranial medial da primeira costela. A profundidade da carcaça foi medida, contando-se cinco costelas de cima para baixo. Para tal foi utilizado uma régua, sendo medido do esterno até a metade da coluna vertebral, por onde passa a medula.

Amostra do músculo LD da carcaça esquerda foi retirada e congelada para posteriores análises de qualidade de carne e composição centesimal.

Para a composição centesimal, foram quantificados os teores de MS, PB e CZ nas amostras do músculo LD, conforme descrito por Silva & Queiroz. (2002). Determinou-se a umidade das amostras de carne no LD por meio de liofilização, por aproximadamente 80 horas, tempo necessário para atingirem peso constante. Em seguida, as amostras foram reduzidas a pedaços menores e moídas em liquidificador, com gelo seco. O teor de EE nas amostras de carne, foram obtidos por extração por éter de petróleo em extrator de gordura de alta eficiência (Ankom[®]XT15), sem que as mesmas passassem pelo desengorduramento prévio.

As meia-carcaças foram divididas em quarto dianteiro (com cinco costelas), quarto traseiro e ponta-de-agulha. Os cortes comerciais obtidos no traseiro foram: contra-filé, filé-mignon, alcatra completa, patinho, coxão-mole, coxão-duro, lagarto, capa e aba; os do dianteiro foram: paleta, pescoço, acém, peito, cupim, músculos; e o da ponta-de-agulha foi: ponta-de-agulha desossada e aparada. O rendimento de cortes nobres da carcaça (soma de alcatra completa, contrafilé e filé-mignon), também foi avaliado.

Na porção do músculo LD foram retirados quatro bifés de 2,5 cm de espessura mantidos em câmara refrigerada à temperatura de 2 °C. A primeira amostra foi congelada no dia da desossa, simulando a carne não maturada; a segunda amostra no dia sete pós-desossa, simulando a maturação de sete dias; a terceira amostra no dia 14 pós-abate e a quarta amostra no dia 21 pós-desossa, simulando os tempos de maturação comercialmente adotados. Nessas amostras foram determinados força de cisalhamento (FC), perdas por cocção (PCOC), perdas por evaporação (PEV), perdas totais (PTOTAIS) e índice de fragmentação miofibrilar (IFM).

As amostras do músculo LD ainda congeladas, foram seccionadas, com o auxílio de serra frigorífica e de régua, em bifés de 2,5 cm. Os bifés foram assados em forno com temperatura aproximada de 170 °C e o controle da temperatura das amostras foi feito por termômetros individuais, colocados em seus centros geométricos. Quando a temperatura interna atingiu aproximadamente 71 °C, as amostras foram retiradas do forno e mantidas em temperatura ambiente.

Os dados de perdas por exsudação foram obtidos pela pesagem de bandejas de cozimento, com e sem amostras de carne. As pesagens foram realizadas antes e após o cozimento das amostras e a relação percentual de perda de peso das bandejas com as amostras representou as perdas por evaporação. O acréscimo de peso das bandejas após

o cozimento, sem as amostras, representou as perdas por gotejamento que, acrescidas às perdas por evaporação, resultaram nas perdas totais por cocção.

Para análise de força de cisalhamento, foram retiradas seis amostras cilíndricas de cada bife, no sentido das fibras musculares, com aproximadamente 13 mm de diâmetro, com o auxílio de um vazador manual. Determinou-se a força de cisalhamento com o aparelho Warner-Bratzler Shear Force, fabricado pela GR Electrical Manufacturing Company, com capacidade para 25 kg, como descrito por AMSA (1978).

A análise de IFM foi realizada no Departamento de Química e Bioquímica do Instituto de Biociências, Unesp – *Campus* de Botucatu, conforme metodologia descrita por Culler et al. (1978), descrito por Hadlich (2006). Para determinação do IFM, foi realizada a homogeneização dos bifes de 1 cm de espessura. Após a obtenção de uma amostra homogênea, foram retirados três gramas do músculo *Longissimus dorsi* livres de gordura e tecido conjuntivo. Em seguida, as amostras foram homogeneizadas em *Ultra-turrax*, com haste de cisalhamento (Marconi – MA 102/E), a 18000 rpm, em 30 mL de Tampão de Índice de Fragmentação Miofibrilar (TIFM) a 2°C (100 mM KCl, 20 mM de fosfato de potássio pH 7,0, 1,0 mM EDTA, 1Mm MgCl₂ e 1 mM NaN₃, pH 7,0) duas vezes por 30 segundos com mesmo intervalo em gelo. Após a homogeneização as amostras foram centrifugadas a 1000 x g por 15 minutos a 2 °C, e o sobrenadante foi descartado.

O pélete foi ressuspensionado em 30 mL de TIFM a 2 °C e homogeneizado com bastão de vidro. As amostras foram centrifugadas a 1000 x g por 15 minutos, a 2 °C, e o sobrenadante foi novamente descartado. O pélete foi, então, ressuspensionado em 7,5 mL de TMFI, a 2°C, e submetido ao Vortex até a amostra tornar-se bastante homogênea para ser filtrada em filtro de polietileno com malha de 1,0 mm, aproximadamente.

Foram adicionados 7,5 mL de TIFM a 2 °C para a lavagem do tubo de centrífuga e auxílio à filtragem. As proteínas miofibrilares totais foram quantificadas pelo método do Macro Biureto (Gornall et al., 1949). Para a determinação do IFM as amostras foram preparadas com o TIFM para um volume final de 8,0 mL e concentração de proteína de 0,5 mg/mL. As amostras foram homogeneizadas por agitação vigorosa e então submetidas à leitura em absorvância no comprimento de onda de 540 nm. O valor de IFM foi obtido pelo seguinte cálculo:

$$IFM \equiv ABSORV\hat{A}NCIA \times 200^1$$

¹Fator de escala para converter os valores de absorv\hat{a}ncia, conforme sugerido por Culler et al. (1978).

A an\hat{a}lise de col\hat{a}geno foi feita no Labor\hat{a}torio de Carne do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Vi\c{c}osa (UFV). Para a determina\c{c}\~{o} do col\hat{a}geno foi realizada a homogeneiza\c{c}\~{o} de um bife com 1 cm de espessura em liquidificador industrial. O col\hat{a}geno e suas fra\c{c}\~{o}es foram quantificados pela determina\c{c}\~{o} do amino\hat{a}cido hidroxiprolina, segundo metodologia proposta por Woessner Junior (1961) e modificada no Labor\hat{a}torio de Bioqu\imica das Prote\imicas do Departamento de Qu\imica e Bioqu\imica do Instituto de Bioci\enc{e}ncias Unesp – Botucatu, conforme descrito por Hadlich (2006). Cinco gramas de carne congelada foram colocados em tubos pl\hat{a}sticos, com 20 mL de \u00e1gua destilada, e submetidos a banho-maria por duas horas, a 80 \u00b0C. Em seguida, as amostras foram homogeneizadas por um minuto em *Ultra-turrax* a 22.000 rpm e, ent\~{a}o, centrifugadas a 4.000 rpm por 15 minutos, em temperatura ambiente. O sobrenadante foi filtrado e adicionaram 30 mL de \u00e1cido clor\edrico (HCl, 6 N) e, ao sedimento, foram adicionados 50 mL de HCl 6 N. As amostras foram hidrolisadas em autoclave, por quatro horas, a 120 \u00b0C e 1 atm (Cross et al., 1973). Ap\~{o}s a hidr\~{o}lise, as amostras do sedimento e sobrenadante sofreram dilui\c{c}\~{o}es de 1:25 e 1:10, respectivamente, e tiveram o pH ajustado para 6,0 com solu\c{c}\~{a}o de hidr\~{o}xido de s\~{o}dio (NaOH, 2 N). Foram transferidos, para dois tubos de ensaio, 2,0 mL da fra\c{c}\~{a}o do sobrenadante e sedimento das amostras, respectivamente. Aos tubos foi adicionado 1,0 mL de tamp\~{a}o Cloramina-T e, ap\~{o}s repouso por 20 minutos em temperatura ambiente, adicionou-se 1,0 mL de reagente de cor (5 g de 4-dimetilaminobenzalde\eddo; 20 mL de propanol; 9 mL de \u00e1cido percl\~{o}rico 60%) em cada tubo. As amostras foram levadas a banho-maria por 15 minutos a 60 \u00b0C. Ap\~{o}s o resfriamento, foi feita leitura das amostras em espectrofot\~{o}metro, no comprimento de onda de 560 nm.

Os valores de col\hat{a}geno total e sol\~{u}vel foram calculados pelas equa\c{c}\~{o}es descritas abaixo:

$$\%Col\hat{a}geno \text{ no sedimento} = \frac{absorv\hat{a}ncia \times F^* \times 250 \times 100 \times 7,25^1 \times 10^{-6} \times 100}{10 \times 2 \times \text{peso da amostra de carne}(g)}$$

$$\%Col\hat{a}geno \text{ no sobrenadante} = \frac{absorv\hat{a}ncia \times F^* \times 100 \times 50 \times 7,52^2 \times 10^{-6} \times 100}{10 \times 2 \times \text{peso da amostra de carne}(g)}$$

$\%Colágeno\ total = \%Colágeno\ no\ sedimento + \%Colágeno\ no\ sobrenadante$

$$\%Colágeno\ solúvel = \frac{\%Colágeno\ no\ sobrenadante \times 100}{\%Colágeno\ total}$$

*F é o valor referente à absorvância equivalente a 1 µg de hidroxiprolina, obtido na curva padrão construída seguindo o mesmo procedimento realizado com as amostras.

¹Fator de conversão de hidroxiprolina em colágeno para o sedimento conforme sugerido por Cross et al. (1973).

²Fator de conversão de hidroxiprolina em colágeno para o sobrenadante conforme sugerido por Cross et al. (1973).

A análise do comprimento de sarcômero foi feita no Laboratório de Carne do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa (UFV). Para determinação do comprimento do sarcômero, aproximadamente 1 grama da porção central de cada amostra foi retirado com a ajuda de uma pinça e um bisturi cirúrgico, e imerso em solução 0,2 M de sacarose tamponada. A seguir as amostras foram retiradas da solução e, de cada uma, foram extraídos de seis a sete fragmentos de fibra muscular dispostos um ao lado do outro em uma lâmina de vidro. Para fixar a lâmina, utilizou-se solução 0,2M de sacarose tamponada. A partir da lâmina preparada, utilizou-se um equipamento de difração a *laser* para determinar o comprimento do sarcômero. O princípio da análise baseia-se na observação de que os músculos estriados atuam como uma grade de transmissão quando incididos por um raio de luz monocromática. Bandas de difração são então formadas para uma tela e medidas, sendo a separação das ordens de difração determinada pelo estado de contração do músculo.

O equipamento geralmente utilizado consiste de um *laser* de Hélio-Neon (1 mW) com comprimento de onda de 632,8 nm, montado sobre um suporte onde a amostra é colocada (Cross et al., 1981). O feixe de luz monocromática (*laser*) incide perpendicularmente sobre a amostra, sendo direcionado para uma tela branca que no caso, é uma folha de papel A4, situada abaixo do suporte. O laser é direcionado sobre a amostra, colocada no suporte, e as bandas de difração do sarcômero podem ser visualizadas numa tela branca convexa. Assim, com o auxílio de um lápis ou caneta esferográfica, risca-se a imagem projetada numa folha A4 em cima da tela, utilizando no mínimo seis leituras. Dessa forma, considerando uma folha de papel A4 convexa e

um feixe de luz monocromático de comprimento de onda de 632,8 nm, o comprimento do sarcômero foi determinado pela seguinte equação:

$$S = \frac{632,8 \times 10^{-3} \cdot L \cdot \sqrt{\left(\frac{T}{L^2}\right) + 1}}{T}$$

em que:

S = comprimento do sarcômero (μm);

T = distância entre duas bandas de difração: a zero e a primeira banda máxima (mm); e

L = distância entre o músculo e a folha de papel A4 (mm).

Para avaliação da coloração do músculo LD, obteve-se as faixas L^* , a^* e b^* , com uso de colorímetro digital da marca MINOLTA CR300 (Minolta Co., Osaka, Japão). O máximo valor de L^* (luminosidade) é 100, e representa uma perfeita reflexão difusa, enquanto que o valor mínimo é zero e constitui o preto. Os eixos a^* e b^* não apresentam limites numéricos específicos. A coordenada a^* varia do vermelho ($+a^*$) ao verde ($-a^*$), e a coordenada b^* do amarelo ($+b^*$) ao azul ($-b^*$), (Hunterlab, 1996). Os valores de L^* , a^* e b^* , foram obtidos a partir de três leituras realizadas em pontos diferentes de cada amostra.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, sendo os tratamentos as duas classes de CAR (alto e baixo). As análises estatísticas foram feitas utilizando o PROC MIXED do SAS. Os dados foram analisados usando um modelo misto, considerando classe de CAR como efeito fixo e rebanho e dieta como efeitos aleatórios. O efeito de ano e as interações entre os efeitos foram testados, sendo não significativos e retirados do modelo. As médias foram ajustadas pelo método dos quadrados mínimos e testadas pelo teste t, a 5% de probabilidade. O modelo estatístico utilizado foi:

$$Y_{ij} = \mu + \text{rebanho}_i + \text{dieta}_j + \epsilon_{ij}$$

Onde: μ = média; rebanho_i = i -ésimo rebanho de estudo; dieta_j = j -ésima dieta de estudo; ϵ_{ij} = erro aleatório não controlado.

Resultados e Discussão

A média, os valores máximo e mínimo e o desvio padrão (DP) para a característica de consumo alimentar residual (CAR) foram, respectivamente, 0,027;

0,946; - 0,675 e 0,404 kg/dia (Apêndice A), o que confirma satisfatória variabilidade fenotípica para esta característica em animais *Bos indicus*.

Almeida et al. (2004) também relataram variabilidade para CAR em animais zebuínos, com DP mais alto: 1,05 kg/dia. O menor valor de DP do presente trabalho se justifica pelo fato de todos os animais serem oriundos do mesmo local, ao contrário do experimento anterior, onde os bovinos tinham diversas origens e apresentavam diversos níveis de ganho compensatório.

Não foi detectada diferença significativa para as características de peso corporal inicial (PCI), peso corporal ao abate (PCA), peso corporal metabólico ($PC^{0,75}$), ganho de peso médio diário (GMD) e peso de corpo vazio (PCVZ), tempo de confinamento e idade ao abate (Tabela 2) entre as classes de CAR.

Tabela 2 – Médias e erros padrão de desempenho e características de carcaça de bovinos Nelore pertencentes a classes divergentes de consumo alimentar residual (CAR)

Variáveis	CAR		Valor-P
	Alto	Baixo	
NÚMERO ANIMAIS	27	32	-
CAR (kg/dia)	0,453 ± 0,039	-0,277 ± 0,040	<0,0001*
ID ABATE (dias)	557 ± 5,51	546 ± 5,22	0,0740
TEMP CONF (dias)	67,0 ± 3,87	71,2 ± 3,69	0,3596
CMS (kg/dia)	7,13 ± 0,181	6,48 ± 0,172	0,0033*
CMS (%PC)	1,67 ± 0,042	1,54 ± 0,040	0,0126*
CMS (g/kg $PC^{0,75}$)	80,2 ± 1,79	73,9 ± 1,70	0,0036*
PCI (kg)	360 ± 6,30	353 ± 5,98	0,3588
PCA (kg)	424 ± 9,10	417 ± 8,62	0,5085
$PC^{0,75}$ (kg)	87,9 ± 1,21	86,8 ± 1,15	0,4332
GMD kg/dia)	0,977 ± 0,050	0,919 ± 0,047	0,3135
PCVZ (kg)	390 ± 8,60	382 ± 8,15	0,4340
PCQ (kg)	259 ± 6,41	255 ± 6,08	0,5073
PCR (kg)	255 ± 6,15	251 ± 5,83	0,6042
RCQ (%)	61,0 ± 0,357	61,0 ± 0,337	0,9243
RCR (%)	60,0 ± 0,302	60,2 ± 0,286	0,6030
COMPR (cm)	121 ± 0,755	120 ± 0,716	0,7440
PROFUND (cm)	40,0 ± 0,339	39,3 ± 0,321	0,1292

ID ABATE = idade ao abate; TEMP CONF = Tempo de confinamento; CMS = consumo de massa seca; CMS (g/kg $PV^{0,75}$) = consumo de massa seca em gramas por kg de peso corporal metabólico; PCI = peso corporal inicial; PCA = peso corporal ao abate, $PC^{0,75}$ = peso corporal metabólico, GMD = ganho médio diário; PCVZ = peso de corpo vazio; PCQ = peso da carcaça quente; PCR = peso da carcaça resfriada; RCQ = rendimento da carcaça quente; RCR = rendimento da carcaça resfriada; COMPR = comprimento da carcaça; PROFUND = profundidade da carcaça. *P<0,05.

Os resultados de desempenho em confinamento encontrados se enquadram no conceito de CAR proposto por Koch et al. (1963), confirmando ser o CAR, em bovinos, fenotipicamente independente de crescimento e tamanho corporal.

Observou que animais mais eficientes consumiram 0,730 kg/dia de massa seca (MS) a menos em relação aos menos eficientes (Tabela 2). Quando considerada uma situação de confinamento, na qual cerca de 70-75% dos custos são destinados à alimentação, identificar os animais que consomem menos alimentos, seria de grande impacto para rentabilidade ao sistema de produção.

Os animais classificados como baixo CAR apresentaram ganhos de peso similares ($P>0,05$) aos de animais alto CAR, opondo-se ao consumo de massa seca (CMS) expresso em kg/dia 10,0% menor ($P<0,05$), sendo mais eficientes na utilização dos nutrientes (Tabela 2). Em outras palavras, os animais de baixo CAR utilizaram menos energia em processos fisiológicos envolvendo manutenção, resultando em mais energia disponível para deposição tecidual. Reflexo deste comportamento foi também observado nas variáveis ($P<0,05$) de consumo de massa seca (CMS) expressos em $g/kg^{0,75}$ e em porcentagem do peso corporal (Tabela 2).

A variação genética no consumo de alimentos, após descontadas possíveis diferenças devido a 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 da característica CAR.

Quanto aos valores médios de rendimento de carcaça quente (RCQ) e resfriada (RCR), expressos em relação ao peso de abate, foram semelhantes ($P>0,05$), com médias de 61,3% (RCQ) e 60,4% RCR, respectivamente (Apêndice A). Este resultado pode estar relacionado à similaridade nas médias verificadas para os pesos de abate, carcaça quente e resfriada. O comprimento e a profundidade da carcaça não foram influenciadas pelas diferentes classes de CAR (Tabela 2).

Gomes (2009), trabalhando com animais zebuínos, também não encontrara diferenças entre as características de carcaça estudadas, como PCQ e rendimento de carcaça, o que corrobora os dados do presente trabalho.

Não houve diferenças ($P>0,05$) para área de olho de lombo (AOL), espessura de gordura subcutânea (EGS) e espessura de gordura na garupa (EGG) (Tabela 3). Segundo Costa et al. (2002), a AOL, quando utilizada em conjunto com outras características, auxilia na avaliação do rendimento em cortes desossados da carcaça,

estando, em alguns trabalhos, altamente correlacionada ao total de músculos na carcaça, sendo um bom indicador da musculabilidade da mesma.

Ao considerar-se que os animais permaneceram o mesmo tempo em confinamento para terminação (4 mm de EGS) e apresentaram idades semelhantes ao abate, e não sendo detectadas diferenças significativas em características de carcaça, proporções corporais e peso de cortes nobres entre as diferentes classes de CAR, é extremamente interessante identificar, e posteriormente selecionar, animais que consumam menos alimentos sem prejuízos à produção e que, portanto, serão mais eficientes na conversão de alimentos em carne.

Tabela 3 - Médias e erro padrão da área de olho de lombo (AOL), espessura de gordura subcutânea (EGS), espessura de gordura na garupa (EGG), proporções dos cortes primários (traseiro, dianteiro e ponta de agulha) e seus respectivos cortes nobres na carcaça de bovinos Nelore em função do consumo alimentar residual (CAR)

Item	CAR		Valor-P
	Alto	Baixo	
AOL (cm ²)	75,3 ± 2,21	71,3 ± 2,10	0,1344
EGS (mm)	4,00 ± 0,349	3,82 ± 0,330	0,6695
EGG (mm)	5,10 ± 0,608	5,91 ± 0,583	0,3385
Proporções (%)			
Traseiro	46,0 ± 0,228	46,0 ± 0,216	0,9904
Dianteiro	41,6 ± 0,355	40,8 ± 0,336	0,0789
Ponta de agulha	12,8 ± 0,177	12,9 ± 0,167	0,4996
Cortes nobres (kg)			
Contra-filé	6,47 ± 0,191	6,35 ± 0,181	0,6124
Filé-mignon	2,14 ± 0,058	2,10 ± 0,054	0,4303
Alcatra	5,57 ± 0,178	5,44 ± 0,168	0,5427

*P<0,05.

Com base em dados na literatura com animais da raça Nelore, os autores também não têm detectado diferenças entre as médias de EGS e AOL da carcaça de animais com baixo e alto CAR (Almeida et al., 2004; Branco et al., 2008; Bonilha et al., 2009; Gomes, 2009), sugerindo que o CAR tem pouca ou nenhuma relação com as características de carcaça. Sainz et al. (2006), também não encontraram diferença entre novilhos Angus-Hereford, com alto e baixo CAR, quanto a PCQ, AOL, EGS, marmorização, acabamento, massa visceral e gordura abdominal. Resultados semelhantes foram encontrados por Farjalla (2009) e Gomes (2009), trabalhando com bovinos Nelore, tendo sido encontradas diferenças na EGS medida no *Longissimus dorsi* entre as classes de CAR.

Esta constatação sugere que a identificação de animais Nelore mais eficientes em termos de utilização de alimentos não traria respostas indesejáveis em termos de qualidade.

Contudo, resultados apresentados na literatura têm sido inconsistentes quanto à associação entre consumo residual e composição da carcaça e do corpo vazio. Carstens et al. (2002) e Basarab et al. (2003) afirmam que o CAR está relacionado a composição do ganho de peso, sendo que animais mais eficientes tendem a apresentar carcaças mais magras, com menor acabamento e com menor proporção gordura intramuscular, além de menor teor de gordura na cavidade abdominal, o que poderia interferir nos aspectos qualitativos da carne, não sendo interessante do ponto de vista mercadológico.

A regulação fisiológica do CAR está provavelmente ligada a centenas de genes (Herd & Arthur, 2009), existindo ao menos cinco processos fisiológicos nos quais a variação poderia surgir.

De acordo com Richardson & Herd (2004), diferenças na composição corporal explicam 5% da variação no CAR, digestão contribui com 10% da variação, padrão de alimentação com 2%, incremento calórico associado à digestão com 9% e atividade com 10%. Diferenças em *turnover* protéico, metabolismo tecidual e estresse contabilizam 37% e os 27% restantes ainda continuam sem explicação, acredita-se que estejam relacionados ao bombeamento de íons, entre outros.

Segundo Luchiari Filho (2000), uma carcaça adequada deve ter, em relação ao seu peso, 38 a 43% de dianteiro, 12 a 16% de ponta de agulha e 45 a 50% de traseiro especial. Observando os dados do presente estudo, percebe-se que as carcaças avaliadas nesse experimento atingiram esses valores de referência entre as proporções de traseiro, dianteiro e ponta de agulha (Tabela 3).

Os cortes nobres analisados neste estudo foram semelhantes ($P>0,05$) entre os animais alto e baixo CAR, realçando que animais mais eficientes, apesar de consumirem menos alimento, foram semelhantes àqueles que consumiram mais alimento, sem alterar na produtividade (Tabela 3).

Entre os atributos qualitativos mais observados pelos consumidores na hora da compra da carne está o suco exsudado. A perda de líquido durante o processamento da carne está relacionada à suculência, com a perda de substâncias que promovem o *flavor* do alimento. A capacidade de retenção de água define-se como a capacidade da carne reter sua água durante a aplicação de forças externas, tais como, cortes, aquecimento,

trituração e prensagem, sendo que durante a cocção não há perda somente de água, mas de gordura e íons também.

Não houve diferença ($P>0,05$) entre os valores de pH aferidos *post-mortem* no processo de resfriamento das carcaças nos músculos *Longissimus dorsi* (contra-filé) e no músculo *semitendinosus* (lagarto) dos animais classificados para CAR (Tabela 4).

Tabela 4 – Médias e erro padrão de pH inicial (pHi) e final (pHf) nos músculos *Longissimus dorsi* (contra-filé) e *Semitendinosus* (lagarto), perdas por cocção (PCOC), perdas por exsudação (PEXS) e perdas totais (PTOTAIS) para os dias (d) de maturação (0, 7, 14 e 21 d) da carne de bovinos Nelore pertencentes a classes divergentes de consumo alimentar residual (CAR)

Item	CAR		Valor-P
	Alto	Baixo	
pHi <i>Longissimus</i>	6,89 ± 0,059	6,91 ± 0,056	0,7556
pHf <i>Longissimus</i>	5,7 ± 0,031	5,63 ± 0,030	0,0958
pHi <i>Semitendinosus</i>	6,84 ± 0,058	6,85 ± 0,055	0,9308
pHf <i>Semitendinosus</i>	5,65 ± 0,037	5,66 ± 0,035	0,7394
Perdas (%)			
PCOC (0d)	21,2 ± 1,75	21,0 ± 1,67	0,9534
PCOC (7d)	20,4 ± 1,20	21,0 ± 1,13	0,6457
PCOC (14d)	15,0 ± 1,40	15,4 ± 1,33	0,8177
PCOC (21d)	17,0 ± 0,999	18,1 ± 0,948	0,3025
PEXS (0d)	7,94 ± 0,653	7,87 ± 0,620	0,9191
PEXS (7d)	7,99 ± 0,605	7,92 ± 0,574	0,9374
PEXS (14d)	10,2 ± 0,517	9,96 ± 0,497	0,7676
PEXS (21d)	8,61 ± 0,648	7,90 ± 0,614	0,3495
PTOTAIS (0d)	29,1 ± 1,398	29,0 ± 1,324	0,9039
PTOTAIS (7d)	28,4 ± 0,967	29,0 ± 0,917	0,6047
PTOTAIS (14d)	25,2 ± 1,34	25,3 ± 1,284	0,9005
PTOTAIS (21d)	25,6 ± 0,841	26,0 ± 0,798	0,6132

* $P<0,05$.

A média de pH inicial e final no *Longissimus dorsi* e no *Semitendinosus* foi 6,90; 5,63 e 6,91; 5,64, respectivamente (Apêndice A). Assim, os valores do pH 24 horas *post mortem* estão dentro do preconizado pela indústria frigorífica, que considera ideal pH abaixo de 5,8, para não haver comprometimento da qualidade da carne, ou seja, um dos fatores relevantes para a manutenção de vida da carne na prateleira. Isto implica que as diferentes classes de CAR não influenciaram o pH da carcaça durante o resfriamento.

A capacidade de retenção de água pode ser elevada por diversos fatores, entre eles, lenta glicólise *post mortem* e pH alto, resfriamento rápido da carcaça, anterior ao estabelecimento do *rigor mortis*, armazenamento a temperaturas próximas a 0 °C. Além disso, músculos que possuem alto conteúdo de gordura intramuscular podem ter maior

capacidade de retenção de água. É possível que a gordura intramuscular afrouxe a microestrutura, permitindo, desta forma, a retenção de uma maior quantidade de água.

A queda do pH *post mortem*, devido a formação do ácido lático, é responsável pela diminuição da capacidade de retenção de água da carne, uma vez que essa reação causa a desnaturação e perda da solubilidade das proteínas musculares. Consequentemente, estes grupos não têm capacidade de atrair água, pois somente os grupos hidrofílicos carregados possuem esta capacidade (Roça, 2011). No presente estudo, como o pH final das carcaças não diferiu entre as classes de CAR, mantendo-se dentro do preconizado pela indústria frigorífica, pode-se verificar a não ocorrência do efeito de CAR sobre as perdas por cocção, exsudação e perdas totais para os diferentes dias de maturação (0, 7, 14 e 21 dias) entre os animais mais e menos eficientes (Tabela 4), corroborando com os resultados encontrados por Gomes (2009). Esse fato indica que as divergentes classes de CAR tendem a não diferir quanto à suculência, já que a capacidade da carne em reter água está relacionada com sua maciez e suculência.

Esclarece-se que, no tocante à coloração da carne não foram verificadas diferenças ($P > 0,05$) entre as classes de CAR para nenhuma das faixas, L*, a* e b* (Tabela 5).

Tabela 5 – Médias e erros padrão das variáveis da avaliação instrumental de cor da carne de bovinos Nelore pertencentes a classes divergentes de consumo alimentar residual (CAR)

Item	CAR		Valor-P
	Alto	Baixo	
	Faixas da Coloração		
L*	31,1 ± 0,754	31,0 ± 0,668	0,9122
a*	15,0 ± 0,647	14,1 ± 0,572	0,1543
b*	4,55 ± 0,629	4,64 ± 0,557	0,8978

Resultados semelhantes foram encontrados por McDonagh et al. (2001), que trabalhando com cruzamentos de Angus e não encontraram diferenças entre as faixas de cor para animais classificados como alto e baixo CAR.

Sabe-se que diferenças na coloração da carne são influenciadas pelo comportamento pré-abate (desde o jejum até o abate), onde animais com alto CAR poderiam apresentar maior depleção de glicogênio muscular, devido à maior atividade física e pelo fato de serem mais estressados, diminuindo assim, o potencial glicolítico do músculo. Consequentemente, aumentaria o pH final e o escurecimento da carne de

animais menos eficientes quanto ao CAR. Contudo, no presente trabalho, verificaram valores semelhantes ($P>0,05$) entre as classes de CAR, comprovando que a identificação para o CAR não influenciou a luminosidade (L^*) da carne.

Quanto mais próximo de zero o valor L (luminosidade) mais escura é a carne. Nesse estudo o valor de luminosidade obtido no músculo LD foi de 32,6 entre os grupos de CAR (Apêndice A). Estes resultados foram próximos aos descritos na literatura para bovinos de corte (35,00 e 38,00).

O valor de a^* , intensidade da cor vermelha, está relacionado ao pigmento mioglobina e situa-se entre 18 e 22 (Pereira, 2002). Sabe-se que a composição do músculo tende a se modificar com o avançar da idade do animal (Lawrie, 1985), ocorrendo redução na capacidade de oxigenação celular, havendo, assim, necessidade de maior quantidade de mioglobina no músculo, que é responsável pela retenção de oxigênio na célula. Deve-se, entretanto, ressaltar que a carne dos animais pertencentes a divergentes classes de CAR apresentava-se clara, indicando baixa concentração de mioglobina, em função do abate precoce. O valor médio da faixa a^* , no presente estudo, foi de 15,7 (Apêndice A), sendo que a^* varia de zero a +100. Fernandes et al. (2008) avaliaram fêmeas jovens e obtiveram valor de a^* igual a 15,76, que ainda está na faixa de coloração vermelho cereja, apreciada pelo consumidor. Animais jovens apresentam carne menos vermelha, condizente com o mecanismo fisiológico acima descrito.

Reis (2009) trabalhando com novilhas de corte, também não encontrou diferenças nas faixas L^* , a^* e b^* para as diferentes classes de CAR.

Com relação à faixa b^* , não foram detectadas diferenças ($P>0,05$) provavelmente devido a pouca idade e pelos animais se alimentarem com dietas de alto concentrado. Segundo Reis (2009), a faixa b^* é influenciada pela coloração da gordura. A intensidade de amarelo (b^*) é mais pronunciada quanto mais tempo os animais utilizem como fonte principal de alimentação a pasto, por ocorrer maior deposição de carotenóides oriundos de plantas forrageiras, na gordura. No presente trabalho o valor encontrado foi de 6,05 (Apêndice A) entre os grupos de CAR, correspondendo a valores baixos, uma vez que o valor de b^* pode variar de zero a +70, correspondente ao amarelo.

Em relação à composição centesimal, sabe-se que quatro componentes da carne são considerados primários, pois influenciam diretamente a sua qualidade: umidade, gordura (extrato etéreo), proteínas (PB) e massa mineral ou cinzas (CZ). Os teores destes componentes na carne e sua composição influenciam importantes características

de qualidade necessários à industrialização e determinarão a qualidade final do produto. Os teores de PB e CZ na carne são praticamente constantes, enquanto os níveis de umidade e EE apresentam variação.

Não foram detectadas diferenças ($P>0,05$) na composição centesimal do músculo *Longissimus dorsi* entre as classes de CAR (Tabela 6). Estes resultados confirmam que houve no presente trabalho relação entre CAR e composição corporal no presente trabalho. Reis (2009), trabalhando com novilhas de corte apresentando alto médio e baixo CAR, também não verificou diferenças na composição centesimal do músculo LD.

Do ponto de vista quantitativo, a água é o constituinte mais importante e abundante no músculo. Cerca de 75% da carne é constituído por água, sendo esse valor constante entre músculos do mesmo animal e mesmo entre espécies diferentes. Além disso, a água presente no músculo exerce efeito sobre o rendimento de carcaça, uma vez que a perda de água, durante o resfriamento eleva a perda de peso, além de interferir diretamente nas características sensoriais da carne, visto que uma menor capacidade de retenção de água pela carne irá interferir na maciez e suculência.

Tabela 6 – Composição centesimal do músculo *Longissimus dorsi*, de animais Nelore pertencentes a classes divergentes, em função de seu consumo alimentar residual (CAR)

Item (%)	CAR		Valor-P
	Alto	Baixo	
água	67,9 ± 0,564	68,0 ± 0,535	0,8696
proteína bruta	18,7 ± 0,259	18,7 ± 0,244	0,9352
extrato etéreo	12,3 ± 0,671	12,3 ± 0,637	0,9613
cinzas	1,31 ± 0,044	1,30 ± 0,042	0,8811

* $P<0,05$.

Ressalta-se que os lipídeos são importantes componentes da carne, pois conferem características desejáveis de suculência, sabor e aroma. No presente trabalho, o valor médio observado de extrato etéreo no LD (12,3%) foi superior ao recomendado por Felício (1997) para que a carne se torne mais macia, saborosa e suculenta ($> 4\%$ de EE), sendo este um provável reflexo da alta densidade energética da dieta, fato comumente observado em sistemas de terminação em confinamento.

Outro fator que interfere indiretamente na maciez da carne é o comprimento de sarcômero, a unidade menor de contração do músculo. Após o abate, a fibra muscular continua capaz de se contrair até o esgotamento das reservas de ATP. Quando isto

ocorre, há um encurtamento dos sarcômeros devido à formação de ligações permanentes entre os filamentos de actina e miosina, conhecidas como *rigor mortis*. O nível do encurtamento dos sarcômeros influencia a maciez. Quanto menor for o comprimento de sarcômero, menor será a maciez.

Normalmente as carcaças bovinas são resfriadas a 2 °C. Se a carcaça resfriar muito rapidamente pode ocorrer o fenômeno “encurtamento pelo frio”, provocando, assim, encurtamento excessivo do sarcômero e, conseqüentemente, aumentando a “dureza” da carne.

Verificou-se que o comprimento de sarcômero foi similar entre as classes de CAR ($P>0,05$) (Tabela 7). Contudo, houve diferenças quanto à força de cisalhamento (FC) em carnes com 0, 7 e 21 de maturação, sendo o tempo 14^{os} dias de maturação exceção, onde não foi detectada diferença significativa para FC entre as classes de CAR. Weaver et al. (2008) relataram que o comprimento de sarcômero contribui com a proteólise *post mortem*. Contudo esta contribuição para a maciez da carne não é muito clara. Alguns estudos mostram fraca correlação entre comprimento de sarcômero e proteólises e maciez, sob algumas circunstâncias (King et al., 2003).

Tabela 7 – Médias e erros padrão de comprimento de sarcômero (CompSarc), colágeno total (ColagTotal) e colágeno solúvel (ColagSolúvel), força de cisalhamento (FC) e índice de fragmentação miofibrilar (IFM) para 0, 7, 14 e 21 dias (d) de maturação da carne de bovinos Nelore pertencentes a classes divergentes de consumo alimentar residual (CAR)

Item	CAR		Valor-P
	Alto	Baixo	
CompSarc (µm)	1,45 ± 0,021	1,49 ± 0,020	0,1211
ColagTotal (mg/g)	13,2 ± 1,24	12,2 ± 1,18	0,5201
ColagSolúvel (%)	14,9 ± 1,14	17,7 ± 1,08	0,0378*
	Força de cisalhamento, (kg)		
FC, 0d	4,00 ± 0,182	4,50 ± 0,172	0,0197*
FC, 7d	3,61 ± 0,144	4,22 ± 0,137	0,0007*
FC, 14d	2,80 ± 0,171	3,00 ± 0,164	0,4133
FC, 21d	2,69 ± 0,151	3,27 ± 0,143	0,0019*
	Índice de fragmentação miofibrilar, (%)		
IFM, 0d	42,0 ± 2,13	37,0 ± 2,02	0,0487*
IFM, 7d	51,3 ± 3,84	48,1 ± 3,64	0,4782
IFM, 14d	50,1 ± 4,74	57,0 ± 4,57	0,3231
IFM, 21d	79,8 ± 5,80	71,0 ± 5,50	0,2022

* $P<0,05$.

Herring et al. (1965) demonstraram que os músculos com maior comprimento de sarcômero possuem menor resistência à maciez. Adicionalmente, em muitos estudos têm registrado que a degradação protéica pelo sistema calpaína melhora a maciez da carne. Contudo, no presente estudo, apesar do comprimento de sarcômero ser semelhante entre os tratamentos, verificaram-se diferenças na maciez entre as classes de CAR (Tabela 7). Estes resultados corroboram com os de Pflanzler & Felício (2009), trabalhando com bovinos Nelore de diferentes maturidades e acabamento de carcaça, os quais não encontraram diferenças em comprimento de sarcômero entre os animais. Shorthose & Harris (1990), assim como Shackelford et al. (1995), também não encontraram diferença no comprimento de sarcômero em relação à maturidade. Entretanto, são escassos resultados na literatura relacionando CAR e comprimento de sarcômero.

Segundo Dutson (1974), a maciez da carne é determinada primariamente por dois fatores: (1) natureza e estado da contrátil das proteínas e (2) teor e propriedades do tecido conectivo.

Não houve diferença ($P>0,05$) na quantidade total de colágeno, contudo verificou-se diferença ($P<0,05$) no percentual de colágeno solúvel entre os animais mais e menos eficientes (Tabela 7), em que animais classificados como de baixo CAR apresentaram maiores valores. O colágeno é o principal constituinte do tecido conectivo, que dá resistência ao músculo e aos tendões. Segundo Cranwell et al. (1996), o colágeno total é relativamente constante nos animais nas diferentes idades (em torno de 2%) mas, com o aumento da idade, as ligações tornam-se mais resistentes e estáveis, conferindo à carne maior resistência ao corte.

Estudos mostram que várias propriedades do colágeno, como tamanho da fibra, tipo genético, conteúdo total e solubilidade do colágeno estão intimamente relacionadas com à natureza e integridade de suas ligações cruzadas e são importantes para determinar a contribuição desta proteína para a textura da carne (Bailey, 1985).

Com o aumento da idade do animal, aumenta o número de ligações cruzadas, que conferem maior estabilidade à molécula de colágeno, aumentando sua insolubilidade, tornam a carne mais dura.

Em adição, Cross et al. (1973) encontraram relações entre solubilidade do colágeno e quantidade de tecido conectivo detectado pelo painel sensorial, mas não encontraram significância entre a maciez detectada por painel sensorial e a taxa de maciez encontrada nas fibras musculares. A natureza do colágeno é importante para a

maciez, mas a relação entre ambas não é muito clara. O IFM é responsável por mais de 50% da variação na maciez (Culler et al., 1978), o colágeno solúvel contabiliza menos de 10% da variação. Segundo Koohmarie et al. (2002), a atividade proteolítica, mais do que o teor de colágeno, é o fator predominante na maciez do músculo LD.

Sabe-se que, em animais que apresentam a mesma quantidade de colágeno, diferenças na maciez ocorrem devido a diferenças na solubilidade do colágeno (Lawrie, 1985). Com o avanço da maturidade do animal, aumentam as ligações intra e inter moleculares, resultando em uma diminuição na solubilidade do colágeno.

No presente estudo, apesar de ter havido diferença no teor de colágeno entre as classes de CAR, percebeu-se que este fato não foi devido à idade do animal, pois foram utilizados animais jovens, por volta de 19 meses.

Assim, estes resultados permitiram indicar a grande variabilidade de dados existentes na literatura sobre a interação colágeno solúvel e maciez, que ainda precisam ser mais estudados, visto que, neste estudo, a relação entre colágeno solúvel e maciez não ficaram claros.

A força de cisalhamento (FC) tem relação direta com maciez da carne, sendo que uma maior FC indica maior dureza na carne.

Analisando-se a FC dos bifes maturados com 0, 7 e 21 dias de maturação, verificou-se tendência de carne mais macia para os animais de alto CAR (menos eficientes). Contudo, no décimo quarto dia de maturação não houve diferença significativa entre as classes de CAR, provavelmente, porque neste dia de maturação o número de amostras foi menor em relação aos outros dias de maturação. Estes dados corroboram os resultados de alguns autores (Basarab et al., 2003; Basarab et al., 2004) que sugerem alterações na maciez da carne podem ser detectadas nas classes de CAR. Contudo, Baker et al. (2006) não encontraram diferenças entre os grupos de CAR para FC em animais de raças britânicas.

Afirma-se que cerca de 80% da variação encontrada na maciez da carne estão correlacionadas com o enfraquecimento da estrutura miofibrilar (Koohmaraie, 1992). Dentre os processos envolvidos na resolução da qualidade final da carne durante a maturação, a atividade do sistema das calpaínas, liderado pela taxa e extensão de degradação de proteínas miofibrilares, parece ser o principal fator (Koohmaraie, 1994).

Diversas são as evidências da existência de relação entre *turnover* protéico e CAR. Segundo Richardson & Herd (2004), várias mensurações suportam a hipótese de que as taxas de degradação protéica e de ganho em proteína no corpo total são

relacionadas às variações no CAR em bovinos de corte. Correlações negativas foram encontradas entre CAR e a porcentagem de proteína corporal, bem como entre CAR e ganho protéico (Richardson et al., 2001). Isto implica que animais mais eficientes possuem um mecanismo mais eficiente de deposição de proteína ou uma menor taxa de degradação comparada com os menos eficientes.

McDonagh et al. (2001), trabalhando com animais Angus de classes divergentes de CAR, não observaram diferença significativa em FC para os tempos de maturação avaliados (0 e 14 dias). Porém, amostras do músculo LD de animais de baixo CAR apresentaram menores valores de IFM e concentrações de calpastatina no músculo 13% maiores, quando comparada às de animais de alto CAR. Os autores concluíram que, em razão da progênie de uma única seleção divergente para CAR ter apresentado diferenças quanto às características acima descritas, uma seleção contínua para baixo CAR poderia afetar negativamente a maciez da carne.

Estas alterações na maciez estariam relacionadas, principalmente à atividade do sistema proteolítico enzimático das calpaínas, que parece ser o mecanismo mais influente sobre a maciez da carne (Koohmaraie, 1994; Taylor et al., 1995) e contribui ainda mais nas carnes maturadas, pois a ação dessas enzimas é prolongada.

Diante destas evidências apresentadas, é possível inferir que animais alto CAR apresentam maior taxa de renovação muscular. Vale à pena lembrar que os aminoácidos liberados durante a renovação de proteínas são reutilizados e o processo de degradação e reutilização protéico são caros energeticamente para o animal, portanto, não há acréscimo significativo de crescimento muscular se simplesmente inibirmos a degradação protéica.

De qualquer modo, os valores de FC encontrados neste trabalho estão condizentes com os existentes na literatura, corroborando resultados de Felício (1998), sugeriu que o músculo do LD é considerado “macio” com valores para FC abaixo de 5,0 kg.

O índice de fragmentação miofibrilar (IFM) é uma medida do tamanho médio das miofibrilas e está relacionado a textura da carne. O IFM traduz a atividade proteolítica das miofibrilas, atividade que, segundo Wheeler & Koohmaraie (1992) e Koohmaraie et al. (2002), explicam a quase totalidade da maciez no músculo LD, após maturação.

O IFM apresenta, geralmente, relação inversa com força de cisalhamento, pois à medida que se aumentam os valores de IFM, diminuem-se os valores obtidos pela força de cisalhamento.

Culler et al. (1978) relataram que valores de IFM acima de 60 caracterizam uma carne muito macia, valores abaixo de 60, uma maciez moderada e valores abaixo de 50, ausência de maciez. Nesse estudo, a carne dos animais a partir de 7 dias de maturação foi considerada macia e aos 21 dias de maturação, apresentou IFM acima de 60, sendo considerada como carne muito macia.

Farjalla (2009) não observou diferenças entre os grupos de CAR quanto às características de qualidade de carne avaliadas, em que IFM e FC foram semelhantes.

Contudo, resultados presentes neste estudo demonstraram que, mesmo não havendo diferença ($P > 0,05$) entre as classes de CAR para IFM, exceto para o dia zero de maturação ($P < 0,05$), no qual animais menos eficientes apresentaram carne mais macia, estando de acordo com os dados de FC, que foi menor nesse grupo de CAR. É clara a diferença entre os dias, visto que os valores de IFM aumentaram proporcionalmente com o aumento dos dias da maturação (Tabela 7). Estes resultados corroboram com os de Olson et al. (1976) que estabeleceram que, com o aumento dos dias *post mortem*, há crescente aumento nos valores de IFM.

Conclusões

O consumo alimentar residual pode ser utilizado como ferramenta na identificação de animais Nelore mais eficientes na utilização dos alimentos, sem causar prejuízos às características de carcaça e qualidade da carne.

O conhecimento das bases fisiológicas do CAR pode fornecer maior percepção das consequências de seleção para a característica, permitindo assim a identificação precoce e diminuição de quaisquer respostas correlacionadas indesejáveis.

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: 41º REUNIAO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 2004, Campo Grande, **Anais...** Campo Grande: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2004, CDROM.

- AMSA, **Guidelines for cookery and sensory evaluation of meat**, Chicago: National Livestock and Meat Board, 1978, 24p.
- ARCHER, J.A.; RICHARDSON, E.C.; HERD, R.M.; ARTHUR, P.F. Potential for selection to improve efficiency of feed use in beef cattle: a review. **Australian Journal of Agricultural Research**, Collingwood, v.50, p.147-161, 1999.
- BAILEY, A.J. The role of collagen in the development of muscle and its relationship to eating quality. **Journal of Animal Science**, v.60, p.1580-1587, 1985.
- BAKER, S. D.; SZASZ, J. I.; KLEIN, T. A.; KUBER, P. S.; HUNT, C.W.; GLAZE Jr, J.B.; FALK, D.; RICHARD, R.; MILLER, J.C.; BATTAGLIA, R.A.; HILL, R.A. Residual feed intake of purebred Angus steers: Effects on meat quality and palatability. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.84, p.938-945, 2006.
- BASARAB, J.A.; OKINE, E.K.; MOORE, S.S. Residual feed intake: Animal performance, carcass quality and body composition. **Proceeding...** Queensville: Florida Ruminant Nutrition Symposium, 2004.
- BASARAB, J.A.; PRICE, M.A.; AALHUS, J.L.; OKINE, E.K; SNELLING, W.M.; LYLE, K.L. Residual feed intake and body composition in young growing cattle. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v.83, p.189-204, 2003.
- BONILHA, S.F.M.; BRANCO, R.H.; ALLEONI, G.F., CASTILHOS, A.M., FIGUEIREDO, L.A., RAZOOK, A.G. Effects of residual feed intake on carcass characteristics of Nelore bulls. In: 2009 ASDA-ASAS JOINT MEETING, 2009, Toronto, **Anais...** Toronto: FASS, 2009.
- BRANCO, R.H.; RAZOOK, A.G.; FIGUEIREDO, L.A.; LANNA, D.P.D.; TROVO, J.B.F.; BONILHA, S.F.M.; BONILHA NETO, L.M. Avaliação do consumo alimentar residual de fêmeas Nelore submetidas a seleção para peso pós-desmame, In: 45ª REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 2008, Lavras. **Anais...** Lavras: SBZ, 2008, CD-ROM.
- CARSTENS, G.E.; THEIS, C.M.; WHITE, M.B. Relationships between net feed intake and ultrasound measures of carcass composition in growing beef steers. **Beef Cattle Research in Texas**, College Station, p.31-34, 2002.
- COSTA, E.C.; RESTLE, J.; BRONDANI, I.L.; PEROTTONI, J.; FATURI, C.; MENEZES, L.F.G.de. Composição física da carcaça, qualidade da carne e conteúdo de colesterol no músculo *Longissimus dorsi* de novilhos Red Angus superpreoces, terminados em confinamento e abatidos com diferentes pesos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.1, p.417-428, 2002.
- CRANWELL, C.D. et al, Influence of steroid implants and concentrate feeding on carcass an *Longissimus* muscle sensory and collagen characteristics of cull beef cows. **Journal of Animal Science**, v.74, p.1777-1783, 1996.
- CROSS, H.R.; CARPENTER, Z.L.; SMITH, G.C. Effects of intramuscular collagen and elastin on bovine muscle tenderness. **Journal of Food Science**, v.38, n.6, p.998-1003, 1973.
- CROSS, H.R.; WEST, R.L.; DUTSON, T.R. Comparison of methods for measuring sarcomere length in beed *semitendinosus* muscle. **Meat Science**, v.5, p. 261-266, 1981.

- CULLER, R.D.; SMITH, G.C.; CROSS, H.R. Relationship of myofibril fragmentation index to certain chemical physical and sensory characteristics of bovine longissimus muscle. **Journal of Food Science**, Chicago, v.43, p.1177, 1978.
- DUTSON, T.R. Connective tissue, **Proc.Meat Ind. Res.Conf.**, p.99, 1974.
- FARJALLA, Y.B. **Desempenho, características de carcaça e qualidade de carne de bovinos Nelore estratificados pela eficiência através do consumo alimentar residual**. 2009. 58f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade de São Paulo – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2009.
- FELÍCIO, P.E. de. Simpósio sobre Produção Intensiva de Gado de Corte, 1998, Campinas, **Anais...** São Paulo: Colégio Brasileiro de Nutrição Animal (CBNA), p.92-99, 1998.
- FELICIO, P.E. de. Fatores que Influenciam na Qualidade da Carne Bovina. In: A.M. Peixoto; J.C. Moura; V.P. de Faria. (Org.). **Produção de Novilho de Corte**. 1ª.ed. Piracicaba: FEALQ, v.Único, p.79-97, 1997.
- FERNANDES, A. R. M.; SAMPAIO, A. A. M.; HENRIQUE, W. Características da carcaça e da carne de bovinos sob diferentes dietas, em confinamento. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.60, n.1, p.139-147, 2008.
- GOMES, R.C. **Metabolismo protéico, composição corporal, características de carcaça e qualidade de carne de novilhos Nelore (*Bos indicus*) em função de seu consumo alimentar residual**. Pirassununga: Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos-USP, 2009. 93p. Tese (Doutorado em Zootecnia)/Universidade de São Paulo, 2009.
- GORNALL, A. G.; BARDAWILL, C. J.; DAVID, M. M. Determination of serum protein by means of the biuret reaction. **Journal Biology and Chemistry**, v.177, p.751-766, 1949.
- HADLICH, J.C. **Metodologias de análise de maciez como parâmetro de qualidade de carne de bovinos de diferentes grupos genéticos e idades**. Botucatu: Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Estadual Paulista. 2006. 98p. Dissertação em Zootecnia (Mestrado em Nutrição e Produção Animal) Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Estadual Paulista, 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.; ARCHER, J.A.; ARTHUR, P.F. Reducing the cost of beef production through genetic improvement in residual feed intake: Opportunity and challenges to application. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.81, p.9-17, 2003.
- HERD, R.M., ARTHUR, P.F, Physiological basis for residual feed intake, **Journal of Animal Science**, Savoy, v,87, p,64-71, 2009.
- HERD, R.M., ODDY, V.H., RICHARDSON, E.C. Biological basis for variation in residual feed intake in beef cattle. I. Review of potential mechanisms. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v.44,p.423-430, 2004.
- HERRING, H.K.; CASSENS, R.G.; BRISKEY, E.J. Further studies on bovine muscle tenderness as influenced by carcass position, sarcomere length and fiber diameter, **Journal of Food Science**, v.30, p.1049, 1965.

- HERRING, W.O.; WILLIAMS, S.E.; BERTRAND, J.K.; BENYSHEK, L.L.; MILLER, D.C. Comparison of live and carcass equations predicting percentage of cutability, retail products weight, and trimmable fat in beef cattle. **Journal of Animal Science**, v.72, p.1107-1118, 1994.
- HUNTERLAB. **Applications note: CIE L* a* b* color scale**. Virginia, v.8, n.7, 1996.
- KING, D.A. Chilling and cooking rate effects on some myofibrillar determinants of tenderness of beef. **Journal of Animal Science**, Champain, v.81, p.1473-1481, 2003.
- KOCH, R.M.; SWINGER, L.A.; CHAMBERS, D.; GREGORY, K.E. 1963. Efficiency of feed use in beef cattle. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.22, p.486-494, 1963.
- KOOHMARAIE, M. Muscle proteinases and meat aging. **Meat Science**, v.36, p.93-104, 1994.
- KOOHMARAIE, M. Effect of pH, temperature, and inhibitors on autolysis and catalytic activity of bovine skeletal muscle μ -calpain. **Journal of Animal Science**, Nebraska, v.70, n.10, p.3071-3080, 1992.
- KOOHMARAIE, M.; KENT, P.M.; SHACKELFORD, S.D.; VEISETH, E.; WHEELER, T.L. Meat tenderness and muscle growth: is there any relationship? **Meat Science**, Barking, v.62, p.345-352, 2002.
- LAWRIE, R.A. **Meat science**. 4.ed. New York: Pergamon Press, 1985. 451p.
- LUCHIARI FILHO, A. **Pecuária da carne bovina**. São Paulo: LinBife, 2000. 134p.
- MCDONAGH, M.B.; HERD, R.M.; RICHARDSON, E.C.; ODDY, V.H.; ARCHER, J.A.; ARTHUR, P.F. Meat quality and the calpain system of feedlot steers following a single generations of divergent selection for residual feed intake. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, Collingwood, v.41, p.1012-1021, 2001.
- MONIN, G. Recent methods for predicting quality of whole meat. **Meat Science**, St Genès Champanelle, France, v.49, n. Suppl1, p.S231-S243, 1998.
- NIELSEN, M.K. Genetic variation in feed utilization: selection responses in mice. In: ANNUAL MEETING OF THE AMERICAN SOCIETY OF ANIMAL SOCIETY OF ANIMAL SCIENCE, 2004. Saint Louis. **Proceedings...** Saint Louis: American Society of Animal Science, 2004.p.119.
- OLSON, D.G.; PARRISH, J.; STROMER, M.H. Myofibril fragmentation and shear resistance of three bovine muscles during postmortem storage. **Journal Food Science**, Chicago, v.41, p.1036, 1976.
- PEREIRA, A.S.C. **Qualidade da carne de bovinos Nelore (*Bos taurus indicus*) suplementados com vitamina E**. 2002. 83f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, SP.
- PFLANZER, S.B.; FELÍCIO, P.E.de. Effects of teeth maturity and fatness of Nellore (*Bos Indicus*) steer carcasses on instrumental and sensory tenderness. **Meat Science**, v.83, p.697-701, 2009.
- REIS, S.F. **Características de crescimento e qualidade da carne de novilhas de corte de diferentes classes de consumo alimentar residual**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa. 2009. 79p. Dissertação em Zootecnia (Mestrado em Nutrição e Produção de Ruminantes) Universidade Federal de Viçosa, 2009.

- 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, 2004.
- RICHARDSON, E.C.; HERD, R.M.; ODDY, V.H.; THOMPSON, J.M.; ARCHER, J.A.; ARTHUR, P.F. Body composition and implications for heat production of Angus steers progeny of parents selected for and against residual feed intake. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v.41, p.1065-1072, 2001.
- ROÇA, R.O. [2011]. Propriedades da carne. Disponível em: <<http://pucrs.campus2.br/~thompson/Roca107.pdf>> Acesso em 02/06/2011.
- SAINZ, R.D.; CRUZ, G.D.; MONTEIRO, R.B. Carcass composition and visceral organs are similar at harvest in low- and high-residual feed intake groups of Angus-Hereford steers. **Proceedings...** Western Section: American Society of Animal Science, 2006.
- SAINZ, R.D.; PAULINO, P.V.R. Residual feed intake in beef cattle. In: Proceedings of the Sierra Foothill Research & Extension Center - Beef & Range Field Day, 1, 2004, Browns Valley, **Proceedings...** Browns Valley: UCDAVIS, v.1, p.05-08a, 2004.
- SHACKELFORD, S.D.; KOOHMARAIE, M.; WHEELER, T.L. Effects of slaughter age on meat tenderness and USDA carcass maturity scores of beef females. **Journal of Animal Science**, v.73, p.3304-3309, 1995.
- SHORTHOSE, W.R.; HARRIS, P.V. Effect of animal age on the tenderness of selected beef muscles. **Journal of Food Science**, v.55, p.1-8, 1990.
- SILVA D.J., QUEIROZ A.C. **Análise de Alimentos (métodos químicos e biológicos)**. 3.ed. Viçosa: Editora UFV, 2002. 235p.
- TARRANT, V. Prioridades na pesquisa para a indústria da carne. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE CARNES, 1., 2001. Águas de São Pedro, **Anais...** Águas de São Pedro, 2001, p.6.
- TAYLOR, R.G.; GEESINK, G.H.; THOMPSON, V.F.; KOOHMARAIE, M.; GOLL, D.E. Is z-disk degradation responsible for postmortem tenderization? **Journal of Animal Science**, v.73, p.1351-1367, 1995.
- WEAVER, A.D.; BROWKER, B.C.; GERRARD, D.E. Sarcomere length influences postmortem proteolysis of excised bovine *semitendinosus* muscle. **Journal of Animal Science**, v.86, p.1925-1932, 2008.
- WHEELER, T.L.; KOOHMARAIE, M. Effects of the beta-adrenergic agonist L644,969 on muscle protein *turnover*, endogenous proteinase activities, and meat tenderness in steers. **Journal of Animal Science**, v.70, p.3035-3043, 1992.
- WOESSNER JUNIOR, J.F. The determination of hydroxyproline in tissue and protein samples containing small proportions of this amino acid, **Archive of Biochemistry and Biophysics**, v. 93, n.3, p.440-447, 1961.

Consumo alimentar residual e digestibilidade, metabólitos sanguíneos e comportamento ingestivo em bovinos Nelore²

RESUMO – Objetivou-se com o presente trabalho avaliar digestibilidade aparente, comportamento ingestivo e metabólitos sanguíneos de bovinos Nelore, pertencentes a classes divergentes de consumo alimentar residual (CAR) e terminados em confinamento. Foram utilizados 25 machos Nelore não castrados, previamente classificados em alto CAR ($>$ média + 0,5 Desvio Padrão; n=12; menos eficientes) e baixo CAR ($<$ média – 0,5 Desvio Padrão; n=13; mais eficientes), com peso corporal médio inicial de 398kg e idade média de 573 dias. A dieta de terminação foi composta por feno de tifton (*Cynodon spp.*), milho, caroço de algodão, farelo de algodão, polpa cítrica, ureia, rumensin e mistura mineral. Os animais receberam dieta *ad libitum* com relação volumoso:concentrado 19:81, sendo realizados ajustes para que as sobras se mantivessem entre 5 e 10% do total oferecido. Os animais foram abatidos quando atingiram 4 mm de espessura de gordura subcutânea (EGS) no músculo *Longissimus dorsi* (LD), medida por ultrassom. O CAR de cada animal foi obtido pela diferença entre o consumo de massa seca observado (kg/dia) e o consumo estimado em função de seu desempenho estimado por uma equação de regressão entre o peso corporal médio metabólico e o ganho médio diário (kg/dia) dos animais. A identificação do CAR foi realizada no período pós desmame, sendo assim, os animais quando entraram na terminação já estavam previamente identificados. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, sendo os dados analisados pelo procedimento MIXED do SAS. As médias foram ajustadas pelo método dos quadrados mínimos e comparadas pelo teste t, a 5% de probabilidade. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, sendo os dados analisados pelo procedimento MIXED do SAS. As médias foram ajustadas pelo método dos quadrados mínimos e comparadas pelo teste t, a 5% de probabilidade. Os animais mais eficientes consumiram 0,674 kg/dia de massa seca (MS) a menos em relação aos menos eficientes. Não foi verificado diferenças ($P>0,05$) para consumo de massa seca expresso em kg/dia em percentual do peso corporal; em gramas por kg de peso corporal metabólico. Os animais não apresentaram diferenças ($P>0,05$) em desempenho para as classes de alto CAR, com 1,37 e 1,32 kg/dia de ganho de peso, respectivamente. Contudo, foram detectadas diferenças significativas ($P<0,05$) na excreção e no coeficiente de digestibilidade da fibra em detergente neutro corrigido para cinzas e proteína (FDNcp) entre as classes de

CAR, sendo que animais de alto CAR apresentaram maior excreção fecal e menor coeficiente de digestibilidade para FDNcp, sugerindo menor aproveitamento dos nutrientes. Não foram encontradas diferenças significativas ($P>0,05$) entre as classes de CAR para os parâmetros de comportamento ingestivo avaliados. Em relação aos metabólitos sanguíneos avaliados, verificou-se diferenças ($P<0,05$) apenas para os níveis séricos de cortisol no final do período de terminação. Sendo os animais mais eficientes os que apresentaram menor concentração de cortisol, componente chave para a resposta fisiológica de situações de estresse. Animais baixo CAR apresentaram melhor digestibilidade da fibra em detergente neutro, sugerindo que esses apresentam melhor aproveitamento dos alimentos, além de demonstrarem menores níveis séricos de cortisol ao final do experimento, o que sugere uma diferença na susceptibilidade de estresse ou resposta. As variáveis de comportamento ingestivo não explicam as variações no CAR detectadas em machos Nelore em terminação, mostrando que mais estudos devem ser realizados a fim de se desvendar as bases fisiológicas do CAR.

Palavras-chave: alimentação, bovinos de corte, cortisol, ruminação

Relationship between residual feed intake and digestibility, blood metabolites and feeding behavior in Nellore

ABSTRACT – The objective of this study was to evaluate the apparent digestibility, ingestive behavior and blood metabolites of Nellore belonging to different classes of residual feed intake (RFI) and finished in confinement. For this, 25 Nellore uncastrated males were used, previously classified as high RFI ($> \text{mean} + 0.5 \text{ standard deviation}$, $n=12$; less efficient) and low RFI ($< \text{mean} - 0.5 \text{ standard deviation}$, $n=13$; more efficient), with initial body weight of 398kg and an average age of 573 days. The finishing diet consisted of Tifton hay (*Cynodon spp.*), corn, cottonseed meal, cotton bran, citrus pulp, urea, rumensin, and mineral mix. The animals were fed *ad libitum* with roughage to concentrate ratio of 19/81, and adjustments were made to keep the residual feed between 5 and 10% of the total offered. The animals were slaughtered when they reached 4 mm of subcutaneous fat thickness in the *Longissimus dorsi* measured by ultrasound. The RFI of each animal was obtained by the difference between the observed dry mass intake (DM/kg) and the estimated intake due to its performance estimated by a regression equation between body weight and metabolic average daily gain (kg/day) of the animals. Identification of the RFI was held in the period after weaning; this way, the animals were previously identified when they entered the finishing phase. The experimental design was completely randomized, and the data analyzed by MIXED procedure of SAS. The means were adjusted by the least squares method and compared by *T test* at 5% probability. The more efficient animals consumed 0.674 kg/day of DM less than the less efficient. No differences ($P>0.05$) were detected for dry matter intake expressed as kg/day ($P=0.2947$) in percentage of body weight, in grams per kg metabolic body weight. The animals showed no differences ($P>0.05$) in performance between the RFI classes, with 1.37 and 1.32 kg/day of weight gain, respectively. However, significant differences ($P<0.05$) were detected in the excretion and in the coefficient of neutral detergent fiber digestibility corrected for ash and protein (NDFap) between the classes of RFI, in which high RFI animals had higher fecal excretion ($P=0.0080$) and lower coefficient of NDF digestibility, suggesting lower utilization of nutrients. There were no significant differences between the classes of RFI in the parameters of ingestive behavior evaluated. Regarding the blood metabolites evaluated, there was difference ($P<0.05$) only for serum cortisol levels at the end of the finishing period, which the more efficient animals presented low cortisol concentrations, a key component of the physiological

response to stress. The low RFI animals presented better NDF digestibility, suggesting that these animals have better feed utilization, in addition to demonstrate lower serum cortisol levels at the end of the experiment, suggesting a difference in susceptibility or response to stress. The ingestive behavior variables do not explain the variation in RFI detected in Nellore males in finishing phase, showing that further studies must be conducted to unravel the physiological basis of RFI.

Keywords: beef cattle, cortisol, feeding, rumination

Introdução

Otimizar a eficiência alimentar é uma estratégia importante para redução do custo de alimentação e melhoria da rentabilidade. É amplamente conhecido o fato de que o custo de alimentação, associados à aquisição de animais, em sistemas de produção de carne, principalmente em confinamento, representam a maior parcela dos gastos totais; portanto, melhorar a eficiência alimentar permite redução dos custos. A eficiência de utilização dos alimentos e sua associação com técnicas alternativas de seleção têm sido amplamente estudadas, segundo Bishop et al. (1992); Johnston et al. (2001); Arthur et al. (2001a) citado por Reis (2009).

Para que fosse possível a redução dos custos com alimentação, sem alterar de forma negativa os aspectos produtivos, Koch et al. (1963) sugeriram que o consumo alimentar poderia ser ajustado para PC e ganho médio diário (GMD), ou qualquer outra característica produtiva, e utilizado de forma a suprir as exigências de manutenção, produção e ainda conter uma porção residual. Dessa forma surgiu o termo consumo alimentar residual (CAR), calculado como a diferença entre consumo observado e predito em função do peso corporal metabólico ($PC^{0,75}$) e do GMD, que mensura variações nas exigências de manutenção, independente do ganho ou do peso.

Assim, animais mais eficientes apresentam baixo CAR (ou seja, consumo observado 0,5 desvio padrão menor do que a média); e os animais menos eficientes apresentam alto CAR (consumo observado 0,5 desvio padrão maior que a média). Os animais cujos valores de CAR se localizaram entre os limites dos animais com baixo e alto CAR foram destinados à classe de médio CAR.

Herd et al. (2004), na revisão dos fatores biológicos possíveis de serem associados ao CAR, afirmaram que diferenças na eficiência alimentar, digestão dos alimentos, composição corporal e atividade contribuem para explicar a variação no CAR, porém, mais da metade dessa variação é devida a outros processos fisiológicos. De acordo com estimativas de Richardson & Herd (2004), os processos fisiológicos que regulam essa variação são: *turnover* protéico, estresse e metabolismo dos tecidos (37%), transporte de íons (27%), atividade (10%), digestibilidade (10%), incremento calórico (9%), composição corporal (5%) e comportamento ingestivo (2%).

O aumento da digestibilidade da massa seca, em animais mais eficientes, foi relatado por diversos autores (Herd et al., 2004; Richardson & Herd, 2004), porém a dificuldade de medir pequenas diferenças de digestibilidade sugerem cautela em

assegurar que variações na digestão possam explicar grandes diferenças de eficiência. 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).

Diversas são as evidências da existência de relação entre *turnover* protéico e CAR. Dentre elas, pode-se citar o trabalho de Richardson et al. (2001), que demonstraram correlação entre a composição química e a variação genética do CAR para animais cujos pais foram selecionados para baixo CAR, sendo que estes apresentaram maior quantidade de proteína na composição da carcaça que os animais cujos pais foram identificados como sendo do grupo de alto CAR. Embora não seja uma resposta obtida por mensuração do *turnover* protéico, há indícios de maior deposição de proteína ou menor catabolismo.

Segundo Richardson & Herd (2004), várias mensurações suportam a hipótese de que as taxas de degradação protéica e de ganho em proteína no corpo total são relacionadas a variações no CAR, em bovinos de corte. Correlações negativas foram encontradas entre CAR e porcentagem de proteína corporal (Richardson et al., 2001). Isto implica que animais mais eficientes possuem mecanismo para deposição de proteína mais eficiente ou menor taxa de degradação comparados aos menos eficientes.

Apesar de um mecanismo que favoreça a deposição protéica corporal ser interessante em termos produtivos, a taxa de dissociação de miofibrilas e o aumento das medidas objetivas de maciez da carne têm se mostrado ser positivamente correlacionados aos níveis de atividade proteolítica do sistema calpaína no músculo ao abate (McDonagh et al., 2001).

Diante destas evidências, é possível inferir que animais com alto CAR apresentam maior taxa de renovação muscular. Vale a relembrar que os aminoácidos liberados durante a renovação de proteínas são reutilizados e o processo de degradação e reutilização protéica é caro energeticamente para o animal; portanto, não há acréscimo significativo de crescimento muscular se simplesmente inibirmos a degradação protéica.

O conhecimento das bases fisiológicas do CAR pode fornecer maior percepção das consequências de seleção para a característica, permitindo, assim, a identificação precoce e a diminuição de quaisquer respostas correlacionadas indesejáveis.

Pesquisadores relataram que fatores metabólicos também contribuem para a variação no CAR e sua regulação fisiológica é controlada, provavelmente, por várias centenas de genes (Moore et al., 2009).

De acordo com Richardson et al. (2004), alguns metabólitos podem indicar, indiretamente, os substratos energéticos (glicose e triglicerídeos), o metabolismo protéico (ureia, creatinofosfoquinase, total de proteínas plasmáticas e aspartato aminotransferase), diferença metabólica devido a diferenças na composição corporal (uréia, creatinina e triglicerídeos) e cortisol em resposta ao estresse.

Há muitas dúvidas sobre os mecanismos responsáveis pela variação não explicada do consumo alimentar residual, bem como sobre os mecanismos fisiológicos que são influenciados por este. Ressalta-se a necessidade de estudos que procurem ampliar o entendimento do que realmente representa a seleção para CAR.

Desta forma, este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de estudar as relações existentes entre consumo alimentar residual (alto e baixo CAR) e desempenho na terminação, digestibilidade aparente dos nutrientes, comportamento ingestivo e alguns metabólitos sanguíneos em bovinos jovens da raça Nelore.

Material e Métodos

O Experimento foi conduzido no Centro Avançado de Pesquisa Tecnológica dos Agronegócios de Bovinos de Corte, órgão do Instituto de Zootecnia do Estado de São Paulo, localizado na região norte do Estado de São Paulo, no município de Sertãozinho e situado a 21°10' de latitude sul e 48°5' de longitude oeste, em região de clima tropical úmido, com temperatura média anual de 24 °C e precipitação pluviométrica anual média de 1.888 mm.

Foram utilizados 25 machos Nelore não castrados, previamente classificados em consumo alimentar residual alto (CAR) (> média +0,5 desvio padrão; n=13; menos eficientes) baixo CAR (< média - 0,5 desvio padrão; n=12; mais eficientes) com peso médio inicial de 398 kg e idade média de 573 dias.

O CAR (kg/dia) de massa seca (MS) é calculado após um período de alimentação, pela diferença entre o consumo médio de massa seca (CMS, kg/dia), mensurado ao longo do experimento, e o consumo estimado, calculado por meio de equação de regressão do tamanho metabólico (PCM) e do ganho de peso (GMD, kg/dia) sobre o consumo. A equação de regressão segue abaixo:

$$CMS = \beta_0 + \beta_1 \times PCM + \beta_2 \times GMD + e,$$

em que β_0 representa o intercepto da equação; β_1 , o coeficiente de regressão do PCM; β_2 , coeficiente de regressão do GMD; PCM, o peso corporal médio metabólico ($\text{kg}^{0.75}$); GMD, o ganho médio diário (kg/dia) e o resíduo “e” representa o consumo residual.

A identificação do CAR foi realizada no período pós desmame. Os animais foram submetidos a um período de adaptação ao experimento com duração de 56 dias, onde todos receberam a mesma dieta. Após o período de adaptação deu início ao período experimental, com duração de 112 dias de confinamento para coleta de dados para classificação do CAR.

Durante a terminação, os animais foram alojados em baias individuais de piso concretado, com aproximadamente 12 m^2 , sendo 10 m^2 de cobertura e o restante destinado ao solário. A divisão das baias foi feita com arame liso e balancim ao lado do cocho, permitindo o contato visual e físico entre os animais, minimizando o estresse que a baia individual supostamente pudesse causar. Os comedouros tinham dimensões de $1,5 \text{ m}$ de comprimento x $0,7 \text{ m}$ de largura x $0,5 \text{ m}$ de profundidade; e os bebedouros, dispostos na lateral das baias, serviam a duas ao mesmo tempo, estando ambos, comedouros e bebedouros, na porção coberta da instalação.

O consumo voluntário de alimentos de cada animal foi calculado pela diferença entre o fornecido e as sobras. Para tanto, as sobras foram pesadas diariamente e amostradas semanalmente em 10% do seu peso, sendo realizados ajustes para que se mantivessem entre 5 e 10% do total fornecido. Os animais receberam dieta *ad libitum*, com relação volumoso:concentrado 19:81.

Como a dieta continha ureia, os carboidratos não fibrosos (CNF) foram calculados conforme proposto por Hall (2000), sendo:

$$\text{CNF}(\%) = 100 - [(\% \text{PB} - \% \text{PBU} + \% \text{ de Ureia}) + \text{FDN}_{\text{ncp}} + \% \text{EE} + \% \text{CZ}]$$

em que: CNF = teor de carboidratos não fibrosos; PB = teor de proteína bruta; PBU = teor de proteína bruta oriunda da ureia; e U = teor de ureia, FDN_{ncp} = teor de fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína; EE = teor de extrato etéreo; CZ = teor de cinzas. Todos os termos são expressos como % da MS.

Os volumosos utilizados foram feno de capim tifton e bagaço de cana, perfazendo um total de 19% em relação à dieta total (Tabela 1).

Tabela 1 – Composição em ingredientes e nutricional nas dietas, com base na massa seca

Ingrediente	Proporção
Feno de tifton	14,50
Bagaço de cana	5,00
Milho	46,00
Caroço de algodão	12,00
Farelo de algodão	6,00
Polpa cítrica	14,00
Ureia	1,00
Calcáreo calcítico	0,06
Mistura mineral ¹	1,42
Rumensin	0,02
	Composição nutricional
MS	83,84
MO	94,19
PB	13,99
EE	4,75
FDN	35,04
FDNcp	32,64
FDA	20,10
CHOT	78,27
CNF	47,29
Lignina	4,15

^{1/} Composição da mistura mineral (kg do produto): 180 g Cálcio, 90 g Fósforo, 10 g Magnésio, 13 g Enxofre, 93 g Sódio, 145 g Cloro, 17 mg Selênio, 1000 mg Cobre, 826 mg Ferro, 4000 mg Zinco, 1500 mg Manganês, 150 mg Iodo, 80 mg Cobalto, 900 mg Flúor. MS = massa seca; MO = massa orgânica; PB = proteína bruta; EE = extrato etéreo; FDN = fibra em detergente neutro; FDNcp = fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína; FDA = fibra em detergente ácido; CT = carboidratos totais; CNF = carboidratos não-fibrosos.

A concentração energética das dietas experimentais, expressa em termos de nutrientes digestíveis totais, foi determinada a partir da fórmula recomendada pelo NRC (2001): $NDT(\%) = PBD + 2,25 \times EED + CNFD + FDNcpD$,

em que PBD, EED, CNFD e FDNcpD significam, respectivamente, proteína bruta digestível, extrato etéreo digestível, carboidratos não-fibrosos digestíveis e fibra em detergente neutro (isenta de cinzas e proteína) digestível.

As amostras de alimento, sobras e fezes foram secas em estufa de ventilação forçada a 55 °C por 72 horas, para pré secagem, e, então, moídas em moinho tipo Wiley, em peneira com crivos de 1 mm. Foram avaliados os teores de MS, massa orgânica (MO), PB, EE, fibra em detergente ácido (FDA) e lignina (H₂SO₄ 72% p/p), segundo técnicas descritas por Silva & Queiroz (2002).

Os teores de fibra em detergente neutro foram obtidos segundo Mertens (2002), utilizando-se α -amilase-termoestável e omitindo-se a utilização de sulfito de sódio. As correções da FDN no tocante às cinzas e proteína foram realizadas segundo Mertens (2002) e Licitra et al. (1996), respectivamente. Utilizou-se o sistema ANKOM para as avaliações de FDN, com modificação do saquinho utilizado (5,0 x 5,0 cm, porosidade de 100 μm), confeccionado utilizando-se tecido TNT (100 g/m^2).

Para determinação da digestibilidade dos nutrientes, foram coletadas amostras de fezes de cada animal no piso das baias, imediatamente após a defecação, em três dias consecutivos, sendo que, a coleta ocorreu 2, 4 e 6 horas após a alimentação, respectivamente.

As fezes, devidamente identificadas, foram pré-secas em estufa de ventilação forçada a 55 °C por cerca de 72 horas e moídas em moinho com crivos de 1 mm. A partir das três amostras de fezes moídas, obteve-se, proporcionalmente, uma amostra composta por animal, com base no peso seco ao ar. Durante a semana dos ensaios de digestibilidade os volumosos, as sobras, e os ingredientes do concentrado foram amostrados e analisados separadamente. A excreção de massa seca fecal foi estimada a partir da técnica de indicador interno (Cochran et al., 1986), sendo a fibra em detergente neutro indigestível (FDNi) o indicador adotado.

A determinação da FDNi nas amostras de alimentos, fezes e sobras, foi realizada conforme proposto por Casali et al. (2008), por meio de incubação ruminal, por 264 horas, no rúmen de um bovino adulto alimentado com dieta baseada em silagem de milho, pasto, e sobras de outros animais em experimentação. Foi pesado 1,1g de amostras colocados em sacos F57 (Ankom®), e posteriormente lavado em água corrente até a completa retirada dos resíduos ruminais. Para quantificação da FDN, utilizou-se o sistema ANKOM para as avaliações de FDNi.

Após o clareamento da água, os sacos foram secos em estufa de ventilação forçada (55 °C/72 horas). Posteriormente, os sacos foram submetidos à extração com detergente neutro, produzido conforme formulação sugerida por Mertens (2002), em aparelho analisador de fibras (Ankom200®) (100°C/1 hora). Após a extração, os sacos foram lavados sequencialmente com água destilada quente e acetona, sendo secos em estufa não ventilada (105 °C/2 horas). Em seguida, os sacos de *Ankom* foram acondicionados em dessecador e pesados. Nos procedimentos de pesagem, o manejo dos sacos no dessecador foi limitado a 20 unidades, a fim de se evitar problemas de

acúmulo de umidade em função da higroscopicidade da fibra. O resíduo obtido foi considerado como fibra em detergente neutro indigestível (FDNi).

A digestibilidade da MS, MO, PB, EE, FDNcp e CNF foi obtida a partir da seguinte fórmula:

$$Digestibilidade = \frac{(\text{consumo nutriente} - \text{excreção fecal do nutriente})}{\text{consumo nutriente}} \times 100$$

Na entrada do período de adaptação e no início do experimento, os animais foram pesados em jejum de sólidos (16 horas) e tiveram suas condições corporais avaliadas via ultrassom e escore corporal, sendo a primeira pesagem pós-adaptação (28 dias adaptação) ao confinamento representativa do peso corporal inicial (PCI) e a última representativa do peso corporal ao abate (PCA).

Foram realizadas colheitas de sangue nas pesagens iniciais e finais no período de terminação. Os animais nos dias da coleta de sangue estavam em jejum de sólidos por 16 horas. As amostras de sangue foram obtidas por punção da veia jugular com agulha de calibre 25x8 mm em tubos evacuados de 10 mL com vácuo e anticoagulante EDTA. As amostras foram centrifugadas a 3200 rpm, por 20 minutos, isolando-se o plasma. O plasma obtido foi armazenado em frascos *ependorf* de 2 mL e conservado a -20 °C até o momento da análise bioquímica. Foram analisados os indicadores energéticos pela determinação dos níveis de glicose, insulina e ácidos graxos não esterificados (AGNE). Também foram analisados cortisol e fator de crescimento semelhante à insulina (IGF-I).

As amostras de sangue foram enviadas para o Laboratório de Referência em Diagnósticos Especializados, no qual foram mensurados os níveis de insulina (método Quimioluminescencia – DPC), AGNE (método colorimétrico enzimático), IGF-I (Quimioluminescencia) e Cortisol (Electroquimioluminescencia). Os processos metabólicos avaliados e os parâmetros específicos são descritos abaixo (Tabela 3).

Tabela 2 – Processos metabólicos avaliados e mensuração dos parâmetros específicos

Processo	Parâmetro (plasma sanguíneo)
Substrato energético	Insulina, AGNE
Modulador	IGF-I
Estresse	Cortisol

O comportamento ingestivo foi observado durante 24 horas, em intervalos de cinco minutos, três dias ao acaso, mediante observação direta individual dos animais, para determinação do tempo despendido em ingestão, ruminação e mastigação. Durante a observação noturna, o ambiente foi mantido com iluminação artificial, com prévia adaptação dos animais. As características de comportamento avaliadas foram: tempo de alimentação (min/dia); tempo de alimentação corrigido para CMS (min/kg MS); tempo de ruminação (min/dia); tempo de ruminação corrigido para CMS (min/kg MS) e tempo de mastigação corrigido para CMS (min/kg MS).

Os animais permaneceram confinados até atingirem 4 mm de espessura de gordura no músculo *Longissimus dorsi* (LD), considerado o critério de abate, sendo os 28 primeiros dias destinados à adaptação às instalações e o restante dos dias à coleta de dados. O experimento foi separado em períodos para melhor distribuição da coleta de dados.

A ultrassonografia foi utilizada para a predição de área de olho-de-lombo (AOL), espessuras de gordura subcutânea no LD (EGS) e na garupa (EGG), conforme metodologia descrita por Herring et al. (1994). As medidas de ultrassonografia foram realizadas no início, a cada 15 dias, e no final do período experimental. Para a coleta de imagens, foi utilizado o óleo vegetal como acoplante acústico. Os animais foram contidos, tiveram a pele limpa e preparada e as imagens coletadas. O sítio anatômico para medidas de AOL e EGS foi entre a 12^a e 13^a costelas, e, para EGG na junção dos músculos *Gluteus medium* e *Biceps femoris*. O equipamento utilizado foi o ultrassom veterinário Pie Medical Aquila (Esaote Europe B.V.) com probe de 18 cm e 3,5 MHz. As imagens foram gravadas e, posteriormente, mensuradas utilizando o programa Echo Image Viewer 1,0 (Pie Medical Equipament B.V., 1996).

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, sendo os tratamentos as duas classes de CAR (Alto e Baixo). As análises estatísticas foram realizadas utilizando o PROC MIXED do SAS. As médias foram ajustadas pelo método dos quadrados mínimos e foram testadas pelo teste t, a 5% de probabilidade.

Resultados e Discussão

O tempo de confinamento e a idade ao abate não apresentaram diferenças ($P>0,05$) entre as diferentes classes de CAR (Tabela 3). A média, os valores máximo e mínimo e o desvio padrão (DP) para a característica de consumo alimentar residual

(CAR) foram 0,052; 0,561; -0,571 e 0,368 kg/dia, respectivamente (Apêndice B). Estes valores confirmam haver variação fenotípica para a característica, em animais Nelore, com diferença de consumo de 1,132 kg/dia entre animais mais e menos eficientes. Essa amplitude de variação é consistentemente menor que os dados apresentados na literatura (2,64 kg/dia - Szasz et al. (2004); 3,22 kg/dia – Golden e Kerley, (2004); 3,22 kg/dia – Kolath et al. (2006); 3,60 kg/dia – Lanna e Almeida, (2004), 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.

Tabela 3 – Médias e erros padrão de características de desempenho de bovinos Nelore pertencentes a classes divergentes de consumo alimentar residual (CAR)

Item	CAR		Valor-P
	Alto	Baixo	
Número de animais	12	13	-
CAR (kg/dia)	0,402 ± 0,040	-0,272 ± 0,038	<0,0001 *
IDAD ABATE (dia)	578 ± 6,81	569 ± 6,54	0,3499
TEMP CONF, (dia)	67,0 ± 4,37	74,2 ± 4,20	0,2442
CMS (kg/dia)	9,17 ± 0,279	8,76 ± 0,268	0,2948
CMS (g/kg PC ^{0,75})	93,8 ± 2,98	91,27 ± 2,87	0,5492
CMS (%PC)	1,85 ± 0,068	1,80 ± 0,066	0,6113
PCI (kg)	404 ± 6,87	391 ± 6,60	0,1819
PCA (kg)	498 ± 11,6	491 ± 11,0	0,6585
PC ^{0,75} (kg)	97,85 ± 1,38	96,20 ± 1,33	0,3997
GMD (kg)	1,37 ± 0,053	1,32 ± 0,051	0,5093

*P<0,05. IDAD ABATE = idade ao abate; TEMP CONF = tempo de confinamento; CMS = consumo de massa seca, PC^{0,75} = peso corporal metabólico; PCI = Peso corporal inicial; PCA = peso corporal ao abate, GMD = ganho médio diário de peso.

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 com 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, tem-se sugerido que essa variação entre indivíduos contemporâneos, quanto às exigências de energia metabolizável para manutenção, mensurada pelo coeficiente de variação, pode ser da ordem 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% (Jonhson et al., 2003). Nesse sentido, as variações observadas no

consumo alimentar residual podem ser devidas, em certa parte, a essas flutuações individuais nas exigências energéticas de manutenção.

Não foram observadas diferenças significativas ($P>0,05$) quanto ao peso corporal inicial (PCI), peso corporal ao abate (PCA), peso corporal metabólico ($PC^{0,75}$), ganho médio diário de peso (GMD) (Tabela 4), confirmando que o consumo alimentar residual (CAR), em bovinos, é fenotipicamente independente de crescimento e tamanho corporal.

Os resultados do presente estudo corroboram com os de Leme et al. (2000), em cujo trabalho com novilhos Nelore terminados em confinamento, foi observada independência do CAR em relação às variáveis GMD e $PC^{0,75}$.

Bonilha et al. (2010) trabalhando com novilhos Nelore identificados para classes divergentes de CAR, não encontraram diferenças significativas em peso corporal ao abate, peso de corpo vazio e peso de carcaça, tanto quente como resfriada, mostrando que animais de baixo e alto CAR apresentaram tamanhos corporais semelhantes. Resultados semelhantes foram encontrados em animais da raça Angus por Baker et al. (2006), que também avaliaram características de carcaça de animais pertencentes a classes divergentes de CAR.

Não foram detectadas diferenças ($P>0,05$) de consumo de massa seca expresso em kg/dia; em percentual do peso corporal e em gramas por kg de peso corporal metabólico (Tabela 4). No presente estudo, animais menos eficientes consumiram 0,04% mais que os mais eficientes. Contudo, Almeida et al. (2004), trabalhando com novilhos Nelore de idade mais avançada (36 meses), em relação aos animais deste experimento (em torno de 19 meses), detectaram que os animais menos eficientes consumiram 26% mais que os novilhos com baixo CAR, porém, obtiveram valores de GMD semelhantes (1,3 kg/dia) em relação ao do presente estudo.

Richardson & Herd (2004) afirmaram que dentre os diversos mecanismos fisiológicos que contribuem para a variação do CAR, a digestibilidade da dieta é capaz de explicar até 19% da variação fenotípica, sendo os animais mais eficientes associados à maior digestibilidade da dieta. Esta diferença na digestibilidade pode estar associada a diferenças na taxa de passagem do alimento pelo trato gastrointestinal (TGI), como consequência de diferenças de consumo entre os dois grupos (alto e baixo CAR) avaliados. Além da variação sistemática devido à quantidade de alimentos consumidos, há também variação genética na digestão do alimento no trato digestório.

O consumo médio diário de nutrientes (Tabela 4) apresentou resposta semelhante ao observado para o CMS quando expressos em kg/dia, não havendo diferenças significativas ($P>0,05$). Como a dieta fornecida foi a mesma, o CMS não exerceu influência no consumo de todos os nutrientes.

Tabela 4 – Médias e erros padrão para de consumos de nutrientes digestíveis totais (CNDT, kg/dia) e dos nutrientes (kg/dia), massa orgânica (CMO), proteína bruta (CPB), extrato etéreo (CEE), fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína (CFDNcp) e carboidratos não fibrosos (CCNF) para as diferentes classes de consumo alimentar residual (CAR) de bovinos Nelore

Item (kg/dia)	Consumo Alimentar Residual		Valor-P
	Alto	Baixo	
CNDT	5,06 ± 0,238	5,32 ± 0,229	0,4444
CMO	8,64 ± 0,263	8,26 ± 0,253	0,3021
CPB	1,29 ± 0,039	1,22 ± 0,037	0,2116
CEE	0,431 ± 0,017	0,4065 ± 0,016	0,2980
CFDNcp	3,01 ± 0,099	2,85 ± 0,094	0,2572
CCNF	4,33 ± 0,131	4,19 ± 0,126	0,4540

* $P<0,05$.

Não foram observadas diferenças ($P>0,05$) para os coeficientes de digestibilidade da MS, PB, EE e CNF, exceto para a digestibilidade da FDNcp, que foi superior nos animais mais eficientes (Tabela 5). Isso confirma a eficiência destes animais no aproveitamento dos nutrientes da dieta, principalmente da fibra, podendo ser esse um dos mecanismos para explicar as variações no CAR. Esses dados corroboram com Magnani (2011) trabalhando com novilhas Nelore classificadas para alto e baixo CAR também encontrou diferenças na digestibilidade da FDNcp.

Dados da literatura para digestibilidade aparente dos nutrientes entre classes de CAR são contraditórios. Richardson et al. (1999b) atribuíram maior digestibilidade da MS e PB em novilhos de baixo CAR, justificando ser este fator um dos principais responsáveis pelas variações existentes entre classes de consumo residual.

Contudo, Reis (2009), trabalhando com novilhas de corte de três grupos genéticos, e Richardson & Herd (2004), com novilhos Angus, não encontraram diferenças na digestibilidade aparente dos nutrientes para diferentes classes de CAR.

Ao considerar que a digestibilidade é inerente ao alimento avaliado, assim, os resultados aqui observados entre classes de consumo residual, no que se refere a digestibilidade aparente, são consistentes, pois os animais classificados entre as classes de CAR receberam a mesma dieta.

Tabela 5 – Médias e erros padrão de teores de nutrientes digestíveis totais (NDT) e digestibilidades da massa seca (DMS), massa orgânica (DMO), proteína bruta (DPB), extrato etéreo (DEE), fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína (DFDNcp) e carboidratos não fibrosos (DCNF)

Item (%)	Consumo Alimentar Residual		Valor-P
	Alto	Baixo	
DMS	48,2 ± 1,83	52,7 ± 1,75	0,0911
DMO	49,1 ± 1,85	53,7 ± 1,77	0,0876
DPB	49,5 ± 2,23	54,7 ± 2,15	0,1090
DEE	71,7 ± 2,53	75,1 ± 2,43	0,3500
DFDNcp	34,1 ± 1,31	40,6 ± 1,26	0,0017*
DCNF	62,0 ± 2,65	64,6 ± 2,55	0,4798
NDT	55,0 ± 1,76	59,7 ± 1,69	0,0657

*P<0,05.

Russell & Gahr (2000), citados por Reis (2009), sugeriram que possíveis diferenças na digestibilidade da dieta, entre classes de CAR, seriam devido ao tempo de retenção ruminal e comportamento alimentar individual. Assim, de acordo com esses autores, as associações entre CAR e digestibilidade aparentes dos nutrientes, por se tratarem de variações individuais nos animais, poderiam indicar que o princípio de mesma digestibilidade para animais recebendo dieta semelhante não seria totalmente correto.

Diferenças no CAR podem ser em função de processos metabólicos que vão além da captura de nutrientes ao longo do trato gastrintestinal dos animais (Hughes & Pitchford, 2004, citados por Paulino, 2006).

Além da variação sistemática devido à quantidade de alimentos consumidos, há, também, diferenças na digestão do alimento no trato digestório devido a variação genética. Richardson et al. (1996) avaliaram touros e novilhas fenotipicamente classificados para alto e baixo CAR e observaram que diferenças na capacidade de digestão da MS responderam por 14% no consumo entre os dois grupos de bovinos. A digestibilidade foi correlacionada ao CAR de bovinos alimentados com dieta contendo alto grão, indicando que diferenças de digestibilidade responderam por 19% da variação fenotípica no CAR, mostrando que o CAR baixo (animais mais eficientes) foi associado a alta digestibilidade (Richardson & Herd, 2004). Channon et al. (2004) citados por Reis (2009) sugerem que animais de baixo CAR possam sofrer algum processo distinto que melhore a eficiência de digestão do amido. Nkrumah et al. (2006) também encontraram diferenças na digestibilidade dos nutrientes entre classes de consumo residual,

embora as diferenças encontradas por esse autor na digestibilidade aparente dos nutrientes MS e PB foi menor que 5% entre alto e baixo CAR, suficiente, porém, para revelar diferenças ($P < 0,05$) entre as classes de CAR. Assim, pode-se afirmar que pequenas variações na digestibilidade dos nutrientes proporcionam grandes impactos na eficiência alimentar, podendo ser um fator discriminante entre classes de CAR.

De modo geral os resultados aqui encontrados corroboram com os achados de Richardson et al. (1999a), onde o autor sugere que a digestibilidade pode ser responsável pelas variações nas classes de CAR, dessa forma, existe a necessidade de se direcionar os estudos para esse aspecto.

A análise do comportamento de animais das três classes (alto, médio e baixo) de CAR tem gerado resultados contraditórios. O conhecimento dos mecanismos que controlam a seleção e ingestão de alimentos é um desafio que abrange importantes áreas da pesquisa. Já o padrão de alimentação é um dos fatores que exerce influência sobre o CAR, sendo responsável por em torno de 2% da variação em eficiência segundo Richardson & Herd (2004). Pesquisas mostram que animais mais eficientes (baixo CAR) se alimentam com menos frequência, em refeições mais curtas que os animais menos eficientes (Robinson & Oddy, 2004).

A atividade de ruminação, em animais adultos, ocupa cerca de oito horas por dia com variações entre quatro e nove horas. Esse comportamento é influenciado pela natureza da dieta e parece ser proporcional ao teor de parede celular dos alimentos volumosos. (Van Soest, 1994).

Segundo Lancaster et al. (2009), estudando comportamento alimentar de bovinos da raça Angus, novilhos de CAR baixo utilizaram 13% menos de tempo com alimentação e consumiram 11% menos alimento, mas tiveram similar taxa de alimentação, comparados a novilhos de alto CAR. Neste mesmo estudo, a variação entre animais, na atividade de consumo alimentar (tempo e frequência alimentar), foi mais associada ao CAR que ao consumo de MS e ao ganho médio diário.

Golden & Kerley (2004) verificaram que animais mais eficientes consumiram menos alimento e utilizam menos tempo consumindo a dieta (menor taxa de bocados por dia) que os animais menos eficientes.

No presente estudo (Tabela 6), observou-se significativa amplitude ($P < 0,05$) na média do CAR de animais classificados como alto e baixo ($0,402 \pm 0,040$ e $-0,271 \pm 0,038$ kg MS/dia). Contudo, o CMS expresso em kg/dia foi semelhante entre as classes de CAR. Não houve diferença significativa ($P > 0,05$) entre as classes de CAR para as

variáveis de comportamento analisadas: tempo de alimentação (TAL); tempo de alimentação por kg de MS consumido (TALMS) (Tabela 6).

Tabela 6 – Médias e erros padrão para características de comportamento ingestivo avaliadas em bovinos Nelore pertencentes a classes divergentes de consumo alimentar residual (CAR)

Item	CAR		Valor-P
	Alto	Baixo	
CMS (kg/dia)	9,17 ± 0,279	8,76 ± 0,268	0,2947
TAL (min/dia)	166 ± 5,06	167 ± 4,87	0,8916
TALMS(min/kgMS)	18,5 ± 0,796	19,2 ± 0,765	0,5364
TR (min/dia)	323 ± 16,9	305 ± 16,2	0,4562
TRMS (min/kgMS)	35,83 ± 2,08	34,8 ± 2,00	0,7356
TMAS (min/dia)	489,4 ± 17,7	473 ± 17,0	0,5002

CMS = consumo de massa seca; TAL= tempo de alimentação; TALMS= tempo de alimentação por kg de massa seca; TR= tempo de ruminação; TRMS= tempo de ruminação por kg de massa seca; TMA= tempo de mastigação.

Contudo, Corvino et al. (2008) apresentaram diferenças para o TALMS, sendo maiores valores para os animais mais eficientes, demonstrando que esses consumiram menos alimento, gastando mais tempo na ingestão, indicando maior eficiência de utilização dos alimentos.

Todavia, Nkrumah et al. (2006) encontraram que novilhos de baixo CAR ficaram menor tempo se alimentando a cada visita ao cocho e apresentaram menor número de visitas quando comparados aos novilhos de alto CAR. O comportamento alimentar de bovinos, principalmente o processo de seleção de alimentos no cocho e tempo de alimentação parece ter grande relação com classes de eficiência. Kelly et al. (2010a) também não encontraram diferenças para duração da alimentação entre animais de diferentes classes de CAR, porém houve diferenças para número de eventos alimentares por dia, no qual animais de alto CAR (menos eficientes) apresentaram 68.1 eventos/dia; médio CAR 55.6 eventos/dia e baixo CAR 53.4 eventos/dia.

Segundo Richardson & Herd (2004), além do padrão de alimentação contribuir com em torno de 2% das variações sobre o CAR, a atividade dos animais também contabilizam uma parte desta variação, em torno de 10%.

Herd et al. (2004) constataram que animais com CAR alto permaneciam 13% mais tempo nas baias de alimentação que os animais com menor CAR. A esse maior tempo, somaram-se maiores gastos energéticos relacionados à apreensão, mastigação e

ruminação da dieta, o que, segundo Herd et al. (2004) representa 5% da energia consumida a mais pelos animais de alto CAR em relação aos de baixo CAR.

Não foram encontradas diferenças significativas ($P>0,05$) em tempo de ruminação (TR) e tempo de ruminação por kg de MS consumida (TRMS), sugerindo que a melhor eficiência dos animais não afetou a atividade de ruminação dos mesmos (Tabela 6), corroborando resultados de Magnani 2011 trabalhando com novilhas Nelore classificadas para CAR alto e baixo.

O tempo de mastigação (TMA) é a somatória de TAL e TR, os quais não foram diferentes entre animais mais e menos eficientes ($P>0,05$) para esta característica em animais classificados em alto e baixo CAR (Tabela 6).

Sabe-se que a necessidade de mastigação está relacionada à quantidade de alimento indigestível ou pouco digestível consumido e à resistência do material à redução do tamanho de partículas (Fischer, 1996). Segundo Van Soest (1994), o tempo de ruminação é influenciado pela natureza da dieta e parece ser proporcional ao teor de parede celular dos volumosos, alimentos concentrados e feno finamente triturados, como no caso deste experimento, reduzem o tempo de ruminação, enquanto volumosos com alto teor de parede celular e picados grosseiramente tendem a aumentar o tempo de ruminação.

Corvino et al. (2008) e Magnani (2011) apresentaram tempos de alimentação, ruminação e mastigação semelhantes para os animais classificados como alto, médio e baixo CAR, em estudo com bovinos Nelore.

No presente estudo, pode-se verificar que o comportamento ingestivo de bovinos Nelore com alto e baixo CAR é semelhante quando estes são alimentados com dietas de alto concentrado, mostrando que esta medida de eficiência não interferiu nos padrões de alimentação dos animais.

Pesquisadores relataram que os fatores metabólicos também contribuem para a variação no CAR e sua regulação fisiológica é controlada, provavelmente por várias centenas de genes (Moore et al., 2009).

De acordo com Richardson et al. (2004), alguns metabólitos podem indicar, indiretamente, os substratos energéticos (glicose e triglicerídeos), o metabolismo protéico (ureia, creatinofosfoquinase, total de proteínas plasmáticas e aspartato aminotransferase), diferença metabólica devido a variação na composição corporal (ureia, creatinina e triglicerídeos) e cortisol em resposta ao estresse.

O cortisol, hormônio glicocorticóide, sintetizado e secretado pela glândula adrenal, é um componente chave na resposta fisiológica das situações de estresse.

Richardson et al. (2004) reportaram que animais com baixo CAR apresentaram menor concentração de cortisol no sangue, quando comparados aos animais alto CAR. Porém, existem limitações no que diz respeito às medições de glicocorticóides, uma vez que a obtenção de amostras de sangue tem uma rotina bastante estressante, o que pode influenciar os resultados. Sendo assim, o uso do cortisol como indicador de CAR pode ser contestado.

No presente estudo, os níveis iniciais e finais dos metabólitos estudados foram semelhantes ($P > 0,05$), exceto os níveis séricos de cortisol no final do experimento, que corresponde ao dia de abate ($P < 0,05$). Os animais mais eficientes apresentaram menores níveis de cortisol no dia de abate em relação aos menos eficientes (Tabela 7).

Os dados obtidos neste estudo corroboram com os de Gomes et al. (2008), em estudo utilizando animais da raça Nelore submetidos a situações de estresse moderado (privação de água e alimentos por 24 horas), que encontraram menores níveis séricos de cortisol nos animais mais eficientes no CAR, indicando que existe relação entre eficiência alimentar e respostas ao estresse de bovinos em confinamento.

Tabela 7 – Médias iniciais e finais, e erro padrão de metabólitos sanguíneos para as diferentes classes de consumo alimentar residual (CAR) em bovinos Nelore

Item	Consumo Alimentar Residual		Valor-P
	Alto	Baixo	
IGF-Ii (ng/mL)	573 ± 39,6	582 ± 39,6	0,8774
IGF-If (ng/mL)	512 ± 34,2	519 ± 32,9	0,8904
Cortisoli (mcg/dL)	3,12 ± 0,649	2,37 ± 0,624	0,4107
Cortisolf (mcg/dL)	4,13 ± 0,523	1,84 ± 0,503	0,0044*
Insulinai (mcUi/mL)	7,17 ± 1,36	4,61 ± 1,31	0,1895
Insulinaf (mcUi/mL)	2,76 ± 0,711	3,02 ± 0,683	0,7973
AGNEi (mmol/L)	0,720 ± 0,096	0,777 ± 0,091	0,6785
AGNEf (mmol/L)	0,586 ± 0,081	0,756 ± 0,079	0,1485

* $P < 0,05$.

Todavia, Zorzi et al. (2010), trabalhando com novilhos da raça Nelore em confinamento, não encontraram diferenças significativas entre as classes de CAR para os metabólitos analisados, dentre eles o cortisol. Contudo, os níveis séricos de cortisol foram numericamente menores para os animais mais eficientes.

Segundo Knott et al. (2008) as respostas fisiológicas ao estresse incluem aumento nos processos catabólicos, assim como aumento da lipólise e degradação protéica. Essas variações na resposta ao estresse justificam futuras avaliações como mecanismo para diferenças na eficiência alimentar.

Em relação ao estudo de metabólitos usados para avaliar o *status* energético do animal, pode-se citar a insulina e os ácidos graxos não esterificados (AGNE) avaliados neste estudo. A interpretação do perfil metabólico é, contudo, a parte mais crítica no processo de avaliação do balanço energético.

Os AGNE estão relacionados à taxa de mobilização de reservas lipídicas em momentos de déficit energético, sendo um dos indicadores mais utilizados para aferir esse balanço. Os AGNE constituem os metabólitos mais significativos para estimar o *status* energético em gado de corte, em qualquer circunstância fisiológica ou de manejo respondendo rapidamente a mudanças no consumo de alimento.

Observaram-se níveis plasmáticos de AGNE semelhantes no início e no final do experimento em relação aos grupos de eficiência (Tabela 7), corroborando os de Kelly et al. (2010 b) que trabalharam com novilhos para grupos de alto, médio e baixo CAR.

Em contrapartida, Kelly et al. (2010a), trabalhando com novilhas, encontraram correlações negativas entre AGNE e CAR ($r = -0.21$; $P < 0,05$), com aumento da concentração de AGNE em animais mais eficientes (baixo CAR) quando comparado aos menos eficientes. O AGNE apresentou associação negativa com o consumo ($r = -0.31$; $P < 0,01$). Sabe-se que a circulação plasmática de NEFA é consequência da mobilização do tecido adiposo para suprir a necessidade energética do animal.

Richardson et al. (2004), trabalhando com Angus, encontraram concentração plasmática de triglicerídeos de 27% a menos nos grupos de alto CAR. Os triglicerídeos são reserva de energia estocada nos adipócitos. A concentração plasmática de triglicerídeos tem sido usada como indicador do *status* energético de bovinos. Estes autores atribuem este fato a que os animais pertencentes a classes de alto CAR tendem a ter maior deposição de gordura, juntamente com maior exigência devido à maior taxa de *turnover* protéico. Assim, estas respostas podem estar relacionadas à reciclagem dos tecidos, a mudanças na composição corporal e à resposta ao estresse. Durante o estresse, a concentração de AGNE é mais susceptível em aumentar por efeito das catecolaminas liberadas, portanto, em condições de campo, em que existem animais pouco acostumados ao manejo e a coleta de sangue, deve-se evitar a utilização desta técnica.

A insulina é um importante hormônio anabólico, originário das células beta do pâncreas, que desempenha um papel significativo na regulação de inúmeras vias metabólicas. Aumentando a captação de glicose, estimulando seu armazenamento na forma de glicogênio e sua utilização como substrato para a lipogênese; aumentando o fluxo na via glicolítica e na via das pentoses. Sua secreção é, normalmente, estimulada pelo aumento da quantidade de glicose na circulação sanguínea.

Estudos com novilhos em confinamento, pertencentes à classe de alto CAR, tenderam a apresentar maior concentração de insulina em relação a grupos de baixo CAR, no final do período experimental (Richardson et al., 2004; Brown, 2005). A alta concentração de insulina, nos animais menos eficientes, pode estar associada a maior deposição de gordura. Já a redução da insulina nos animais mais eficientes deve ser devido ao aumento de deposição protéica, resultando em aumento da sensibilidade do músculo à insulina, diminuindo, assim, a deposição de gordura, já que a insulina pode reduzir a lipólise e estimular a lipogênese.

Observaram-se níveis de insulina semelhantes ($P > 0,05$) entre os diferentes grupos de eficiência (Tabela 7), resultados estes que corroboram os de Kolath et al. (2006) que observaram em novilhos de alto CAR tiveram maiores concentrações de insulina e glicose, entretanto, não apresentaram diferenças significativas entre as classes de CAR. Em adição, Davis (2009), trabalhando com novilhos Angus, verificou níveis séricos de insulina e IGF-I semelhantes entre as classes de CAR.

Contudo, existem resultados controversos sobre a relação entre a concentração de insulina e a eficiência em bovinos.

Kelly et al. (2010b), trabalhando com touros pertencentes a classes divergentes de CAR, observaram que animais menos eficientes (alto CAR) tiveram 9,0 e 9,7% a menos de concentração plasmática de insulina em relação aos grupos de médio e baixo CAR, respectivamente. A baixa concentração de insulina nos animais de alto CAR deve ser resultado da menor captação de glicose e aminoácidos pelas células, especialmente células musculares.

Outro hormônio que exerce influência sobre as variações no CAR é o fator de crescimento semelhante à insulina (IGF-I). IGF-I é um hormônio liberado pelo fígado e tecidos periféricos e pode atuar de forma endócrina, afetando a utilização de glicose, metabolismo de aminoácidos e proteínas, por aumento da síntese em relação à degradação das mesmas (Lobley, 1992), sugerindo que o IGF-I influencia crescimento, composição de carcaça e eficiência alimentar.

Trata-se de um promotor de mitose, conhecido por proporcionar a proliferação celular sendo secretado, principalmente, pelo fígado em resposta ao hormônio de crescimento. Em adição aos seus efeitos de promotor de crescimento, o IGF-I também mostra atividade semelhante à insulina em alguns tecidos, nos quais ele inibe lipólise, aumenta oxidação de glicose no tecido adiposo e estimula o transporte de glicose e aminoácidos para os músculos.

Johnston et al. (2002) demonstraram que os níveis de IGF-I plasmáticos são correlacionados com CAR e que sua utilização como indicador de CAR é procedente, conforme Wood et al. (2004).

Brown (2005) quantificou IGF-I sérico para determinar possíveis diferenças entre animais dos grupos alto e baixo CAR. Para isto, o autor coletou amostras na fase inicial (próximo ao desmame) e ao término do experimento. Os resultados obtidos neste estudo mostraram que a concentração IGF-I, mensurado na fase inicial foi correlacionada ao CAR e conversão alimentar em direção favorável, ou seja, animais mais eficientes poderiam apresentar menor concentração de IGF-I. Ainda foi observada tendência dos animais do grupo baixo CAR apresentarem concentração de IGF-I, 15% inferior à dos animais com alto CAR.

Richardson et al. (2004) observaram que as concentrações circulantes de IGF-I possuem moderada a alta herdabilidade, no que diz respeito a bovinos de corte. Porém, Moore et al. (2005) observaram que diferença de correlação poderia ser atribuída à idade do animal na época de colheita de sangue para dosagem de IGF-I.

Aliado ao fator idade, ainda deve ser considerado o tipo de manejo alimentar em que o animal se encontra. Brown et al. (2004), trabalhando com animais taurinos recebendo dieta com alta proporção de concentrado, demonstraram que, além da idade do animal, o manejo nutricional compromete a correlação entre IGF-I e CAR. Para este caso, mesmo tendo sido consideradas as concentrações de IGF-I na fase inicial, devido ao manejo nutricional, esta não pode ser considerada como sendo bom indicador de CAR, eficiência parcial de crescimento e conversão alimentar, quando os animais recebem dietas de alto concentrado. Na maioria dos estudos que avaliaram a concentração de IGF-I correlacionada com CAR, os animais eram jovens e foram alimentados com ração à base de volumoso.

Brown (2005) observou que a concentração de IGF-I obtida no final do experimento não apresentou correlação com medidas de eficiência alimentar. Da mesma maneira, Richardson et al. (1996) não observaram diferenças significativas entre as

concentrações de IGF-I em animais das classes alto e baixo CAR, quando as amostras foram obtidas no final do experimento, confirmando a hipótese de que a concentração de IGF-I sérico pode ser adotado como indicador de eficiência, quando estas são obtidas em idade próxima à de desmame.

No presente estudo observaram-se níveis séricos de todos os metabólitos analisados foram semelhantes no início e no final do experimento (Tabela 7). Magnani (2011), trabalhando com novilhas Nelore, não encontrou diferenças para alto e baixo CAR quanto às concentrações iniciais e finais de cortisol e IGF-1, resultados esses que corroboram os obtidos no presente trabalho, conforme verificado na Tabela 7.

Moore et al. (2003) observaram que a concentração de IGF-I apresentou correlação positiva com o CAR. A seleção para baixas concentrações de IGF-I resultou em bovinos de baixo CAR, com carcaça mais enxuta e com maior potencial de crescimento (Moore et al., 2005).

Contudo, Lancaster et al. (2007) não relataram correlação fenotípica entre CAR e concentrações séricas de IGF-I, em bovinos mestiços, no início ou no final do período experimental. São necessárias mais pesquisas para determinar se existem relações entre CAR e concentrações séricas de IGF-I.

Assim, mecanismos fisiológicos relacionados ao CAR, identificados até agora, são baseados em poucos estudos, alguns dos quais contam com pequenas amostras. Um desafio para o futuro será desvendar os mecanismos responsáveis pela variação não explicada e para validar as suas contribuições proporcionais.

Portanto, resultados com este estudo permitem indicar que o comportamento ingestivo analisado no presente estudo não influenciou as classes de alto e baixo CAR. Contudo, dos metabólitos sanguíneos avaliados, verificou-se que a dosagem final de cortisol em bovinos Nelore, não influenciou os diferentes grupos de CAR. Assim, estas características avaliadas podem, em parte, explicar as variações existentes nas classes de CAR em bovinos Nelore não castrados terminados em confinamento.

Conclusões

Bovinos jovens da raça Nelore identificados para baixo consumo alimentar residual são mais eficientes que animais com alto consumo alimentar residual, porém, não apresentam diferenças em digestibilidade dos nutrientes, exceto para a fibra em detergente neutro, com pequenas alterações.

Os metabólitos sanguíneos analisados no presente estudo observaram diferenças apenas para o cortisol ao final do experimento, que pode explicar as variações entre as classes de consumo alimentar residual detectados em bovinos Nelore terminados em confinamento.

Animais alimentados com dietas de alto concentrado, pertencentes a classes divergentes de consumo alimentar residual, não apresentam diferenças no comportamento ingestivo, mostrando que esta medida de eficiência não interferiu nos padrões de alimentação dos animais.

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: 41^o REUNIAO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 2004, Campo Grande, **Anais...** Campo Grande: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2004, CDROM.
- BAKER, S. D.; SZASZ, J. I.; KLEIN, T. A.; KUBER, P. S.; HUNT, C.W.; GLAZE Jr, J.B.; FALK, D.; RICHARD, R.; MILLER, J.C.; BATTAGLIA, R.A.; HILL, R.A. Residual feed intake of purebred Angus steers: Effects on meat quality and palatability. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.84, p.938-945, 2006.
- BONILHA, S.F.M.; BRANCO, R.H.; NETO, A.P.; FIGUEIREDO, L.A.; RAZOOK, A.G.; CYRILLO, J.N.S.G. Características de qualidade de carne de bovinos Nelore pertencentes a classes divergentes de consumo alimentar residual. In: 47^o REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 2010, Salvador. **Anais...** Salvador: SBZ, 2010. CD-ROM.
- BROWN, E. G. 2005. **Sources of biological variation in residual feed intake in growing and finishing steers**. PhD Diss. Texas A&M Univ., College Station.
- BROWN, E.G.; CARTENS, G.E.; FOX, J.T.; CURLEY, K.O.JR.; BRYAN, T.M.; SLAY, L.J.; WELSH, T.H.; JR., RANDEL, R.D.; HOLLOWAY, J.W.; KEISLER, D.H. Physiological indicators of performance and feed efficiency traits in growing steers and bulls. **Beef Cattle Res**. Texas, p.163–166, 2004.
- CASALI, A.O.; DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S.C.; PEREIRA, J.C.; HENRIQUES, L.T.; FREITAS, S.G.; PAULINO, M.F. Influência do tempo de incubação e do tamanho de partículas sobre os teores de compostos indigestíveis em alimentos e fezes bovinas obtidos por procedimentos *in situ*. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, p.335-342, 2008.
- COCHRAN, R.C.; ADAM, D.C.; WALLACE, J.D.; GALYEAN, M.L. 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.
- CORVINO, T.L.S; BRANCO, R.H.; CASTILHOS, A.M., RAZOOK, A.G., BONILHA, S.F.M., FIGUEIREDO, L.A., NETO, L.M.B. Consumo alimentar residual e comportamento ingestivo de bovinos Nelore selecionados para peso pós desmame.

In: 45^o REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 2008, Lavras. **Anais...** Lavras: SBZ, 2008. CD-ROM.

DAVIS, M.P. **Influence of diet, production traits, blood hormones and metabolites, and mitochondrial complex protein concentrations on residual feed intake in beef cattle.** Columbia: Faculty of the Graduate School at the University of Missouri-Columbia, 2009. 101p. Dissertation in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree Doctor of Philosophy/ Faculty of the Graduate School at the University of Missouri-Columbia, 2009.

FISHER, V. **Efeitos do fotoperíodo, na pressão de pastejo e dieta sobre o comportamento ingestivo de ruminantes.** Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1996. 233p. Tese em Zootecnia (Doutorado em Produção Animal) Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1996.

REIS, S.F. **Características de crescimento e qualidade da carne de novilhas de corte de diferentes classes de consumo alimentar residual.** Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2009. 79p. Dissertação em Zootecnia (Mestrado em Nutrição e Produção de Ruminantes) Universidade Federal de Viçosa, 2009.

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, p.410, 2004.

GOMES, R.C.; BALLOU, M.A.; SIQUEIRA, R.F.; STELLA, T.R.; NEGRÃO, J.A.; SAINZ, R.D.; LEME, P.R. Blood cell profiles and plasma concentrations of glucose and cortisol of Nellore steers and bulls selected for low and high residual feed intake before and following a mild stressor. In: 2008 ASDA-ASAS JOINT MEETING, 2008, Indianapolis. **Anais...** Indianapolis: FASS, 2008.

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. I. Review of potential mechanisms. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v.44,p.423-430, 2004.

HERRING, W.O.; WILLIAMS, S.E.; BERTRAND, J.K.; BENYSHEK, L.L.; MILLER, D.C. Comparison of live and carcass equations predicting percentage of cutability, retail products weight, and trimmable fat in beef cattle. **Journal of Animal Science**, v,72, p,1107-1118, 1994.

JHONSON, D.E.; FERREL, C.L.; JENKINS, T.G. The history of energy 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).

JOHNSTON, D.J.; HERD, R.M.; KADEL, M.J.; GRASER, H.U.; ARTHUR, P.F.; ARCHER, J.A. Evidence of IGF-I as a genetic predictor of feed efficiency traits in beef cattle. **7th World Congress on Genetics applied to Livest. Prod**, 2002.

JOHNSTON, D.J.; HERD, R.; REVERTER, E.; ODDY, V.H. Heritability of IGF-I in beef cattle and its association with growth and carcass traits. In: THE ASSOCIATION FOR THE ADVANCEMENT OF ANIMAL BREEDING AND GENETICS, 14., 2001, Queenstown, New Zealand. **Proceedings...** Queenstown:

- Association for Advancement of Animal Breeding and Genetic, 2001, v.14, p.163-166, 2001.
- KELLY, A.K.; MCGEE, M.; CREWS, D.H.JR.; FAHEY, A.G.; WYLIE, A.R.; KENNY, D.A. Effect of divergence in residual feed intake on feeding behavior, blood metabolic variables, and body composition traits in growing beef heifers. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.88, p.109-123, 2010a.
- KELLY, A.K.; MCGEE, M.; CREWS, D.H.JR.; LYNCH, C.O., WYLIE, A.R.; EVANS, R.D.; KENNY, D.A. Relationship between body measurements, metabolic hormones, metabolites and residual feed intake in performance tested pedigree beef bulls. **Livestock Production Science**, v.135, p.8-16, 2010b.
- KNOTT, S.A.; CUMMINS, L.J.; DUNSHEA, F.R.; LEURY, B.J. Rams with poor feed efficiency are highly responsive to an exogenous adrenocorticotropin hormone (ACTH) challenge. **Domestic Animal Endocrinology**, v.34, p.261-268, 2008.
- KOCH, R.M.; SWINGER, L.A.; CHAMBERS, D.; GREGORY, K.E. 1963. Efficiency of feed use in beef cattle. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.22, p.486-494, 1963.
- KOLATH, W.H.; KERLEY, M.S.; GOLDEN, J.W.; KEISLER, D.H. The relationship between mitochondrial function and residual feed intake in Angus steers. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.84, p.861-865, 2006.
- LANCASTER, P.A.; CARTENS, G.E.; LYONS, J.G.; WELSH, T.H.JR.; RANDEL, R.D.; FORBES, T.D.A. 2007. Characterization of residual feed intake and relationship with serum insulin like growth factor-I. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.85 Suppl. 665, 2007.
- LANCASTER, P.A.; CARSTENS, G.E.; RIBEIRO, F.R.B., TEDESCHI, L.O., CREWS, D.H., JR. Characterization of feed efficiency traits and relationships with feeding behavior and ultrasound carcass traits in growing bulls. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.87, p.1528-1539, 2009.
- LANNA, D.P.D.; 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, 2004.
- LEME, P.R.; LANNA, D.P.D.; HENRIQUE, W. Substituição do grão de milho por polpa de citros em dietas com diferentes níveis de concentrado. 2. Taxas de deposição e composição química corporal. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.29, n.3, p.834-839, 2000.
- 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.
- LOBLEY, G. E. Control of the metabolic fate of amino acids in ruminants: a review. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.70, p.3264-3275, 1992.
- MAGNANI, E. **Caracterização do consumo alimentar residual e relações com desempenho e metabolismo de fêmeas Nelore**. 2011. 86f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Programa de Pós-Graduação em Produção Animal Sustentável, Nova Odessa, 2011.
- McDONAGH, M.B.; HERD, R.M.; RICHARDSON, E.C.; ODDY, V.H.; ARCHER, J.A.; ARTHUR, P.F. Meat quality and the calpain system of feedlot steers following

- a single generations of divergent selection for residual feed intake. **Australian Journal of Experimental Agriculture, Collingwood**, v.41, p.1012-1021, 2001.
- MERTENS, D.R. Gravimetric determination of amylase-treated neutral detergent fiber in feeds with refluxing in beakers or crucibles: collaborative study. **Journal of AOAC International**, v.85, p.1217-1240, 2002.
- MINOLTA. **Precise Color Communication – Color Control, from Feeling to Instrumentation**. Minolta Camera Co., Ltd., Osaka-Japan, 1993, 49 pp.
- MOORE, K.L.; JOHNSTON, D.J.; GRASER, H.U.; HERD, R. Genetic and phenotypic relationships between insulin-like growth factor I (IGF-I) and net feed intake, fat, and growth traits in Angus beef cattle. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v.56, p.211–218, 2005.
- MOORE, K.L.; JOHNSTON, D.J.; GRASER, H.U.; HERD, R. Genetic and non-genetic effects on plasma insulin-like growth factor-I (IGF-I) concentrations and production traits in Angus cattle. *Assoc. Advmt. Anim. Breed. Genet*, v.15, p.222-226, 2003.
- MOORE, S.; MUJIBI, F.D.; SHERMAN, E.L. Molecular basis for Residual Feed Intake in beef cattle. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.87, p.41-47, 2009.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of dairy cattle**. 7 ed. Washington, DC: National Academic Press. 381p, 2001.
- NKRUMAH, J.D.; OKINE, E.K.; MATHINSON, G.W.; SCHMID, S.; LI, C., BASARAB, J.A.; PRICE, M.A.; WANG, Z.; MOORE, S.S. Relationships of feedlot, feed efficiency, performance, and feeding behavior with metabolic rate, methane production, and energy partitioning in beef cattle. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.84, p. 145-153, 2006.
- PAULINO, P.V.R. **Desempenho, composição corporal e exigências nutricionais de bovinos Nelore de diferentes classes sexuais**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2006. 183p. Tese (Doutorado em Zootecnia-Nutrição e Produção de Ruminantes) / Universidade Federal de Vicos, 2006.
- REIS, S.F. **Características de crescimento e qualidade da carne de novilhas de corte de diferentes classes de consumo alimentar residual**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2009. 79p. Dissertação em Zootecnia (Mestrado em Nutrição e Produção de Ruminantes) Universidade Federal de Viçosa, 2009.
- 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, 2004.
- RICHARDSON, E.C.; HERD, R.M.; ARCHER, J.A.; ARTHUR, P.F. Metabolic differences in Angus steers divergently selected for residual feed intake. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v.44, p.441-452, 2004.
- RICHARSON, E.C., HERD, R.M., ARTHUR, P.F., WRIGHT, J., XU, G., DIBLEY, K., ODDY, V.H. Possible physiological indicators for net feed conversion efficiency in beef cattle. **Proc. Aust. Soc. Anim. Prod**, v.21, p.103-106, 1996.
- RICHARDSON, E.C.; HERD, R.M.; ODDY, V.H.; THOMPSON, J.M.; ARCHER, J.A.; ARTHUR, P.F. Body composition and implications for heat production of Angus steers progeny of parents selected for and against residual feed intake. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v.41, p.1065-1072, 2001.

- RICHARDSON, E.C.; HERD, R.M.; ODDY, V.H.; WOODGATE, R.T.; ARCHER, J.A.; ARTHUR, P.F. Body composition explains only parts of the intake difference between high and low efficiency Angus steers. **Recent Advances in Animal Nutrition in Australia**. v.12, p.4A, 1999a.
- RICHARDSON, E.C.; KILGOUR, R.J.; ARCHER, J.A.; HERD, R.M. 1999. Pedometers measure differences in activity in bulls selected for high or low net feed efficiency. **Proc. Aust. Soc. Study Anim. Behav**, 26: 16 , 1999b (Abstr).
- ROBINSON, D. L.; ODDY, V. H. Genetic parameters for feed efficiency, fatness, muscle area and feeding behaviour of feedlot finished beef cattle. **Livestock Production Science**, v.90, p.255-270, 2004.
- SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de Alimentos**. Métodos químicos e biológicos. 3 ed. Viçosa: Editora UFV, 2002. 235p.
- SZASZ, J.I.; HUNT, C.W.; BAKER, S.D.; KLEIN, T.; KUBER, P.S.; GLAZE, B.; FALK, D.; RICHARD, R.; MILLER, J.; BATTAGLIA, R.A.; HILL, R.A. 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, p.409-410, 2004.
- Van SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2 ed. Ithaca: Cornell University Press, 1994. 476p.
- 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 OF ENERGY METABOLISM OF FARM ANIMALS, 9., 1982. **Proceedings...** Aas: Agricultural University of Norway, p.84-87, 1982.
- WOOD, B.J.; ARCHER, J.A.; VAN DER WERF, J.H.J. Response to selection in beef cattle using IGF-I as a selection criterion for residual feed intake under different Australian breeding objectives. **Livestock Production Science**, v.91, p.69-81, 2004.
- ZORZI, K.; DEL CLARO, A.C.; MERCADANTE, M.E.Z.; BRANCO, R.H.; CYRILLO, J.N.S.G.; BONILHA, S.F.M. Influência do consumo alimentar residual sobre parâmetros metabólicos em novilhos Nelore. In: I Encontro Científico de Produção Animal Sustentável, 2010, Nova odessa. **Boletim de Indústria Animal**, 2010. v.67, p.37-39, 2010.

APÉNDICE

Apêndice A – Média, desvio padrão, mínimo e máximo valores das características de desempenho, carcaça e qualidade da carne de bovinos Nelore terminados em confinamento

Item	Média	D.P.	Mínimo	Máximo
CAR (kg/dia)	0,027	0,404	-0,675	0,946
ID ABATE (dias)	567	32,5	474	624
TEMP CONF (dias)	77,40	24,8	41,0	117
CMS (kg/dia)	7,17	1,78	3,99	10,71
CMS (% PC)	1,59	0,277	1,126	2,25
CMS (g/kg PC ^{0,75})	78,4	14,7	54,9	110
PCI (kg)	369	41,3	250	429
PCA (kg)	447	62,5	285	559
PC ^{0,75} (kg)	90,6	8,46	66,1	101
GMD, (kg/dia)	1,03	0,354	0,385	1,66
RCQ (%)	61,3	1,59	58,1	66,8
RCF (%)	60,4	1,39	57,3	63,1
FC 0dias (kg)	4,08	0,878	1,87	6,15
FC 7dias (kg)	3,76	0,974	1,65	6,33
FC 14dias (kg)	2,90	0,590	2,00	4,32
FC 21dias (kg)	2,87	0,765	1,37	4,68
MFI 0dias (%)	38,0	10,68	14,8	66,6
MFI 7ddias (%)	49,84	18,0	17,4	122
MFI 14dias (%)	53,59	16,5	18,4	87,2
MFI 21dias (%)	74,53	25,94	33,0	146
pHi <i>Longissimus</i>	6,90	0,260	6,10	7,40
pHf <i>Longissimus</i>	5,63	0,147	5,40	6,30
pHi Semitendinosus	6,91	0,287	6,00	7,70
pHf Semitendinosus	5,64	0,168	5,00	6,20
Cor L*	32,6	2,96	26,0	38,5
Cor a*	15,7	2,71	10,8	24,3
Cor b*	6,05	2,72	-1,39	12,0
ColagTotal (mg/g)	13,3	5,56	7,72	37,56
Colag Solúvel (%)	16,51	5,37	4,12	33,4
Comp,sarcôm (µm)	1,47	0,096	1,36	1,84
AOL (cm ²)	77,2	10,59	57,0	103
EGS (mm)	4,33	1,58	1,90	9,70
EGG (mm)	5,52	2,10	3,10	9,70

Apêndice B - Média, desvio padrão, mínimo e máximo valores das características de desempenho, digestibilidade, comportamento ingestivo e metabólitos sanguíneos de bovinos Nelore terminados em confinamento

Item	Média	D.P.	Mínimo	Máximo
CAR (kg/dia)	0,052	0,368	-0,571	0,561
ID ABATE (dias)	573	23,6	528	624
TEMP CONF (dias)	70,8	15,2	53,0	89,0
PCI (kg)	398	24,2	341	429
PCA (kg)	494	39,3	428	559
PC ^{0,75} (kg)	97,0	4,75	87,6	104
GMD (kg/dia)	1,35	0,181	0,925	1,66
CMS (kg/dia)	8,96	0,970	7,33	10,8
CMS (%PC)	1,82	0,233	1,39	2,25
CMS (g/kgPC ^{0,75})	92,5	10,20	74,4	110
CMO	8,44	0,916	6,92	10,1
CPB	1,25	0,136	1,03	1,50
CEE	0,418	0,059	0,296	0,509
CFDNcp	2,92	0,342	2,36	3,56
CCNF	4,26	0,449	3,37	5,01
CNDT	5,19	0,818	3,52	6,61
CFDNI	1,21	0,151	0,921	1,48
DMO	51,5	6,68	39,1	62,3
DPB	52,2	58,02	31,3	71,2
DEE	73,5	8,75	57,5	89,9
DFDNcp	37,5	5,51	25,9	48,0
DCNF	63,4	9,09	48,40	79,2
DMS	50,6	6,60	38,5	61,2
NDT (%)	57,5	6,43	45,5	67,7
TAL (min/dia)	167	17,2	138	202
TALMS (min/kgMS)	18,8	2,72	13,7	26,0
TR (min/dia)	314	58,0	157	385
TRMS (min/kgMS)	35,3	7,08	19,0	48,0
TMAS (min/dia)	480,7	60,6	307	573
IGF-I i (ng/mL)	577	134	380	976
IGF-I f (ng/mL)	516	116	358	887
Cortisol i (mcg/dL)	2,73	2,24	0,810	10,6
Cortisol f (mcg/dL)	2,95	2,13	0,330	8,12
Insulina i (mcUi/mL)	5,85	4,81	1,90	23,5
Insulina f (mcUi/mL)	2,90	2,42	1,90	11,2
AGNE i (mmol/L)	0,750	0,323	0,360	1,56
AGNE f (mmol/L)	0,677	0,290	0,310	1,34