

**Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

**Desempenho, características de carcaça e qualidade de carne de
bovinos Nelore estratificados pela eficiência através do consumo
alimentar residual**

Yuri Baldini Farjalla

**Dissertação apresentada para obtenção do
título de Mestre em Ciências. Área de
concentração: Ciência Animal e Pastagens**

**Piracicaba
2009**

**Yuri Baldini Farjalla
Zootecnista**

**Desempenho, características de carcaça e qualidade de carne de bovinos
Nelore estratificados pela eficiência através do consumo alimentar residual**

Orientador:
Prof. Dr. DANTE PAZZANESE D. LANNA

Dissertação apresentada para obtenção do
título de Mestre em Ciências. Área de
concentração: Ciência Animal e Pastagens

**Piracicaba
2009**

DEDICATÓRIA

Aos meus pais Wilson e Vera. Ao meu pai por todos os ensinamentos. À minha mãe por sua incansável dedicação.

À lembrança do ambiente que marcou minha infância e adolescência, a Fazenda Belém. Onde aprendi a lidar e a gostar de gado. Grato pelos caminhos que daí por diante se abriram pra mim... até os dias de hoje;

Dedico este trabalho também a todos criadores de gado bovino, especialmente aos criadores de Nelore do Brasil: àqueles que no trabalho duro de cada dia, estão sempre em busca de tecnologias para a obtenção de animais produtivos e equilibrados consigo e com o ambiente.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela força do dia a dia.

Ao Grupo OB pela confiança, suporte e viabilização do projeto.

Ao professor Dante Pazzanese Lanna, pela oportunidade de trabalho, orientação segura e conhecimentos compartilhados.

Ao professor Roberto Daniel Sainz pelos conhecimentos compartilhados, pelas oportunidades oferecidas e principalmente pela amizade que construímos.

À Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” da Universidade de São Paulo pelo acolhimento e contribuição na minha formação.

À Aval Serviços Tecnológicos pelo suporte durante o período experimental.

À Santa Cruz Nutrição Animal, pela contribuição na dieta.

À FAPESP pelo auxílio financeiro ao projeto.

Ao CNPq pela concessão da bolsa de estudos.

Ao amigo Fabiano Rodrigues da Cunha Araújo pela amizade, pelo companheirismo, pelos conhecimentos compartilhados e pela confiança depositada.

Aos colaboradores do Grupo OB, Fernando Manicardi, Evandro Sproesser, João Arnaldo Moreira, Herval dos Santos, Fabrício Durão, Amarildo Cruz, Valdecy Vougado e Sergio Bessane pelo apoio e amizade durante o período experimental.

Aos professores do Departamento de Zootecnia da ESALQ-USP, pelos conhecimentos transmitidos.

Aos amigos e colegas do Laboratório de Nutrição e Crescimento Animal – à querida Tuka, Amoracyr Nuñes, Tiago Albertini, Luís Eduardo Moraes, Miriã Alvar, Raphael Monteiro, Carolina Galafassi, Andrea Roberto, Felipe Vilela, Nelson Nepomuceno e Angelo Tonetto - pela amizade e convívio. E em especial à Michele Lopes sempre pronta para me ajudar nas dificuldades, à Gabriela Acetoze pela enorme dedicação nas análises em laboratório e à Mariana Caetano pela disposição em orientar no que fosse preciso.

Aos demais colegas do Departamento de Zootecnia, pela amizade e companheirismo.

Aos professores José Bento Ferraz e Eduardo Delgado por colaborarem nas análises de qualidade de carne.

À professora Carla Bittar, por orientar nas análises bromatológicas.

Aos amigos da Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo em Pirassununga – Rodrigo Gomes, Tiago Stella, Angélica Pereira e Marina Bonin.

Aos meus irmãos Larissa e Ivan, meu cunhado Fabio, meus avós Wilson Farjalla, Maria Niobe e Oscarina, meus tios e primos, pelo amor, apoio, incentivo e convívio.

À Paula minha companheira, pelo carinho e paciência durante a conclusão deste trabalho.

Aos meus amigos, em especial Hermano Farjalla, Marlon da Silva, Rodrigo Dener, Rodrigo Goulart, Camila Guedes, Arlindo Pacheco Junior, Ingrid Medina, Rodrigo Denipote, Davi Jabur, José Geraldo Cândido, Jerferson Nomelini, Rafael Georgete, Ana Maria Bridi, Alexandre Lemos e Nilo Maia.

A todos que não foram citados, mas contribuíram de maneira direta ou indireta para a realização deste trabalho.

EPIGRAFE

“O espírito da pesquisa é a devoção à verdade e uma insistente necessidade de alcançar uma melhor compreensão.”

Jan Bonsma.

“É melhor atirar-se à luta em busca de dias melhores, mesmo correndo o risco de perder tudo, do que permanecer estático, como os pobres de espírito, que não lutam, mas também não vencem, que não conhecem a derrota, nem a glória da vitória. Esses pobres de espírito, ao final de sua jornada na Terra não agradecem a Deus por terem vivido, mas desculpam-se perante Ele, por terem apenas passado pela vida.”

Autor desconhecido.

SUMÁRIO

RESUMO.....	11
ABSTRACT	13
1 INTRODUÇÃO.....	15
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	19
2.1 Consumo Alimentar Residual	19
2.2 Fatores envolvidos na variação do Consumo Alimentar Residual (CAR).....	23
3 MATERIAL E MÉTODOS	27
3.1 Animais, dieta, manejo e coletas.....	27
3.2 Abate.....	30
3.3 Análises estatísticas.....	31
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	33
4.1 Características de carcaça e qualidade de carne	39
4.2 Características de desempenho de progênies de touros representativos da raça Nelore.....	42
4.3 Características de carcaça e qualidade de carne de progênies de touros representativos da raça Nelore	44
5 CONCLUSÕES	49
REFERÊNCIAS.....	51

RESUMO

Desempenho, características de carcaça e qualidade de carne de bovinos Nelore estratificados pela eficiência através do consumo alimentar residual

O fornecimento de alimentos é o input de maior custo nos empreendimentos pecuários. A seleção para eficiência alimentar em bovinos de corte foi ignorada principalmente pela dificuldade e custo de mensurar o consumo individual. Além disto assumiu-se por décadas que a eficiência estaria altamente correlacionada com a taxa de ganho. Um índice alternativo para medir a eficiência alimentar, não associado ao aumento do tamanho adulto, é o Consumo Alimentar Residual (CAR). Além de avaliar a variabilidade genética dentro da raça Nelore para CAR, o objetivo deste trabalho foi investigar as conseqüências da seleção para este parâmetro de eficiência sobre as características de carcaça e a qualidade da carne em novilhos Nelore terminados em confinamento. Novilhos (n=75), filhos de 8 touros, de genealogia conhecida, com aproximadamente 18 meses de idade e peso vivo médio inicial de $394,4 \pm 29$ kg foram confinados em baias individuais por 85 dias, após 15 dias de adaptação, recebendo dieta 25% silagem de sorgo e 75% concentrado na matéria seca. Ao final dos 85 dias os animais foram abatidos. Seguindo o critério $CAR \geq 0,5$ desvio-padrão abaixo ou acima da média, 33% dos animais foram classificados como alto CAR, 28% como baixo CAR e 39% se enquadraram no grupo de médio CAR. A amplitude de CAR foi de -1,26 a 1,64 kg/dia e o desvio-padrão 0,71 kg/dia. Os grupos de CAR não diferiram entre si quanto ao peso inicial, final e altura de garupa ($P > 0,05$). Os animais do grupo baixo CAR apresentaram menor consumo de matéria seca e NDT ($P < 0,01$) e foram mais eficientes ($P < 0,05$) em relação aos de médio e alto CAR. O ganho de peso diário não diferiu entre os grupos com valores de 1,153 e 1,215 kg/dia, para alto e baixo CAR, respectivamente. Não foram observadas diferenças entre os grupos de CAR quanto ao rendimento e peso da carcaça ($P > 0,01$). Não houve diferença entre os grupos para características de qualidade de carne ($P > 0,10$). Não foram detectadas diferenças ($P > 0,05$) entre as médias das progênies de cada touro quanto a altura, peso inicial, peso final, ganho de peso, consumo de matéria seca e eficiência alimentar. As progênies de diferentes touros apresentaram diferentes rendimentos de carcaça ($P < 0,05$) e espessura de gordura ($P < 0,05$). Houve tendência ($P < 0,10$) de diferença para área de olho de lombo e peso de carcaça. Progênies de diferentes touros apresentaram diferenças ($P < 0,05$) quanto a força de cisalhamento. Quanto ao índice de fragmentação miofibrilar foi verificada tendência ($P = 0,06$) de diferença. O teor de extrato etéreo e escore de marmoreio foram semelhantes para as progênies ($P > 0,05$). Há variação entre animais Nelore para eficiência alimentar medida como CAR. Não houve relação entre CAR e o desempenho, peso adulto, características de carcaça e qualidade de carne de novilhos Nelore.

Palavras-chave: Gado de corte; Consumo residual; Qualidade de carne; Nelore; Eficiência alimentar.

ABSTRACT

Performance, carcass characteristics and meat quality of beef cattle for efficiency stratified by residual feed intake

The supply of food is the highest cost input in livestock enterprises. Selection for feed efficiency in beef cattle was mostly ignored by the difficulty and cost of measuring individual consumption, besides the fact that efficiency is correlated with gain rate. An alternative index for measuring feed efficiency, not associated with increased adult size, would be the residual feed intake (RFI). In addition to assessing the genetic variability in Nellore to RFI, the objective of this work was to investigate the consequences of selection for this parameter of efficiency on carcass characteristics and meat quality of beef steers finished in feedlot. 75 Nellore, progeny of 8 bulls of known pedigree, with approximately 18 months and weighting 394.4 ± 29 kg were kept in individual stalls after 15 days of adaptation receiving a 25% sorghum silage and 75 % concentrated diet. After the trial period of 85 days the animals were slaughtered to determine carcass characteristics and meat quality. According to the criterion $RFI \geq 0.5$ standard deviation, 33% of the animals were classified as high-RFI, 28% as low RFI and 39% fit the group average RFI (-1.26 to 1.64 kg/day) and standard deviation (0.71 kg/day). RFI groups did not differ on hip initial and final weight ($P > 0.05$). The animals of the low RFI had lower intake of dry matter and TDN ($P < 0.01$) and were more efficient ($P < 0.05$) when compared to animals of medium and high RFI. Differences in intake and feed efficiency between individuals most and least efficient was 1.74 kg DM/day, 1.49 kg TDN/day and 1.37 kg/kg. The daily weight gain did not differ between the groups with values of 1.153 and 1.215 kg/day for high and low RFI, respectively. There were no differences between groups of RFI on yield and hot carcass weight ($P > 0.01$) and no effect of RFI on meat quality ($P > 0.10$). There were no differences ($P > 0.05$) among the progeny of bulls evaluated for height, initial weight, final body weight, daily weight gain, dry matter intake and feed efficiency. The progenies showed differences in carcass yield ($P < 0.05$) and fat thickness ($P < 0.05$). There was a tendency ($P < 0.10$) to difference for ribeye area and hot carcass weight. The progenies showed differences on shear force ($P < 0.05$). The myofibrillar fragmentation index was observed trend to difference ($P = 0.06$). The lipid content and marbling scores were similar for the progeny ($P > 0.05$). There was variation between animals for cattle feed efficiency measured as RFI. There was no relationship between RFI and performance, adult weight, carcass characteristics and meat quality of steers.

Keywords: Beef cattle; Residual intake; Quality meat; Nellore; Feed efficiency.

1 INTRODUÇÃO

O rebanho bovino brasileiro possui aproximadamente 170 milhões de cabeças (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE, 2006), sendo a maior parte representada por bovinos da raça Nelore, adaptados às condições tropicais (PEREIRA, 2004). Além de animais adaptados, o Brasil possui alto potencial para a produção de carne bovina, em razão de sua extensão territorial e disponibilidade de pastagens. Estas características conferiram ao Brasil a segunda posição mundial na produção de equivalente carcaça, e desde 2005, a primeira na exportação de carne bovina (ESTADOS UNIDOS, 2009).

A produção de carne bovina tem crescimento projetado de 3,5% ao ano para o período de 2008/2009 a 2018/2019. Isto mostra que o setor de produção de carne bovina deverá apresentar intenso dinamismo nos próximos anos (BRASIL, 2009). Estima-se que as exportações de carne bovina em 2016 serão lideradas por Brasil, Austrália, Índia, Argentina e Nova Zelândia, concentrando 93,8% das exportações mundiais de carne bovina e um volume em equivalente carcaça de 2.849 mil toneladas (FAPRI, 2006).

Neste cenário, a expansão prevista das exportações de carne pelo Brasil o coloca em posição de destaque no comércio mundial. O país deverá manter a liderança de principal exportador de carne bovina em 2018/19 e as relações entre carne bovina de Exportação do Brasil/Comércio mundial deverão representar 60,6% do comércio mundial. (BRASIL, 2009).

O aumento das exportações irá demandar maior produtividade. Isto implicará em aumento do número de cabeças do rebanho e ampliação ou intensificação das áreas de produção. A alimentação representa mais de 2/3 dos custos totais dentro de um sistema de produção de carne, onde segundo Ferrel e Jenkins (1985), 70-75% da energia consumida é utilizada para atender às exigências de manutenção, a seleção de animais mais eficientes quanto à utilização dos alimentos pode contribuir significativamente para redução dos custos nos sistemas produtivos. Além da menor quantidade de alimento, os animais mais eficientes podem reduzir o impacto ambiental, uma vez que ao aproveitarem melhor os alimentos isto se refletiria na menor demanda por uso de terra para

pastagens, e menor emissão de gases de efeito estufa, como metano e gás carbônico (ALMEIDA, 2005).

Apesar das inúmeras vantagens, os programas de melhoramento genético geralmente avaliam apenas características relacionadas à produção. O menor interesse pela seleção para eficiência alimentar em bovinos relaciona-se principalmente ao dogma de que a eficiência estaria intimamente correlacionada à taxa de ganho (CAMERON, 1998). A seleção exclusiva para crescimento reflete na seleção indireta para maior peso adulto. Vacas maiores desmamam bezerros mais pesados, mas embora o aumento no peso à desmama das crias pode trazer benefícios para o sistema de produção, porém a manutenção de vacas de maior tamanho adulto no rebanho é uma desvantagem, já que estas por sua vez demandam maior quantidade de alimento.

Os custos de manutenção do rebanho de matrizes aliado ao impacto da taxa de desmame/vaca exposta têm grande efeito sobre o lucro líquido, além do grande impacto ambiental (LANNA et al., 2003). Assim, os programas de seleção deveriam identificar animais mais eficientes, buscando indivíduos de menor consumo e adequada taxa de crescimento para evitar o aumento do tamanho adulto do rebanho. Simultaneamente, deve ser mantido o rendimento de carcaça e a qualidade da carne. Embora a seleção de animais eficientes seja benéfica para melhoria da produtividade, o interesse por realizar este tipo de seleção em bovinos de corte tem sido menor, devido ao seu elevado custo e ao fato de que a eficiência alimentar já ser positivamente correlacionada à taxa de ganho e peso vivo adulto (CAMERON, 1998).

Um índice alternativo para medir eficiência alimentar, que não está associado ao aumento do tamanho adulto do rebanho, seria o Consumo Alimentar Residual (CAR). Seu uso em programas de melhoramento genético é justificável, principalmente por não apresentar a limitação de ser correlacionado com a taxa de ganho e o peso vivo e, assim, não incorrer nos problemas descritos anteriormente.

Entretanto, as associações genéticas entre CAR e as características de carcaça e maciez da carne ainda são muito pouco conhecidas. Se existirem antagonismos entre um rebanho de CAR melhorado e os atributos do produto

final, como qualidade da carcaça e carne, estes devem ser identificados, uma vez que reduziriam o benefício econômico alcançado pela seleção para diminuição dos custos com alimentação animal.

Devido ao conhecimento incompleto dos efeitos da seleção de bovinos de corte para eficiência alimentar sobre características de carcaça e qualidade de carne, mais estudos são necessários, particularmente em animais da raça Nelore, grupo genético base do rebanho brasileiro.

Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi avaliar o desempenho produtivo em confinamento, as características de carcaça e a qualidade de carne em novilhos Nelore (*Bos indicus*). Os animais foram estratificados de acordo com seu consumo alimentar residual. Outro objetivo foi avaliar a variabilidade fenotípica para o parâmetro de eficiência alimentar, avaliando também o valor médio de CAR para os touros, pais dos animais avaliados.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Consumo Alimentar Residual

A rentabilidade da produção de bovinos de corte é dependente dos *inputs* e dos *outputs* do sistema. O fornecimento de alimentos é o input de maior custo na maioria dos empreendimentos pecuários (ARTHUR et al., 2004), principalmente nos mais intensificados.

A importância deste *input* na seleção foi reconhecida há muito tempo pela suinocultura e avicultura e por isso estas espécies evoluíram bastante nas últimas décadas com relação aos índices de eficiência alimentar, tanto pelo melhoramento genético como por melhorias nas condições de ambientes, nutrição e manejo (HERD et al., 2003).

A seleção para eficiência alimentar em bovinos de corte foi ignorada pelos programas de melhoramento genético principalmente pela dificuldade e custo de mensurar o consumo alimentar individual, em especial nos sistemas extensivos de criação. Outro motivo para esta falta de interesse de selecionar para esta característica é devido ao fato da eficiência estar correlacionada com a taxa de ganho (ALMEIDA, 2005).

Os programas de melhoramento genético de bovinos de corte enfatizam apenas a seleção para aumento dos *outputs*, tais como pesos a diversas idades, ganho de peso diário, circunferência escrotal, características de carcaça e até mesmo o desempenho reprodutivo (LANNA et al., 2004), porém até o momento não se deu enfoque para a diminuição dos custos com alimentação através da identificação de animais eficientes.

Os custos com alimentação representam algo em torno de 2/3 dos gastos de um empreendimento de terminação de bovinos de corte, sendo que o custo energético pode representar cerca até de 89% do total (LIU et al., 2000). A relevância do aumento da eficiência alimentar se expande à medida que houver benefícios para o meio ambiente, como redução da área de pastagens e otimização das áreas disponíveis através do aumento do número de cabeças por área, além da menor produção de poluentes (CO₂, esterco, metano, etc) por

unidade de carne produzida ou ainda aumento da produção de carne com o mesmo impacto ao ambiente (BASARAB, 2003).

A definição de estratégias para aumentar a eficiência alimentar é fundamental na seleção de bovinos de corte, desde que não prejudique outras características de alta importância na seleção tais como precocidade sexual, fertilidade, habilidade materna ou ainda comprometer a qualidade da carcaça. Diversas medidas de eficiência alimentar têm sido desenvolvidas e utilizadas ao longo dos anos. Dentre elas a conversão alimentar, eficiência parcial de crescimento, eficiência de manutenção, eficiência de lactação e consumo alimentar residual. A eficiência alimentar (kg de consumo/kg de ganho) é uma medida bruta de eficiência com sérias limitações para ser utilizada como parâmetro de seleção por ser correlacionada positivamente com ganho de peso e peso à idade adulta.

Portanto, adotar a conversão alimentar como parâmetro da eficiência alimentar em bovinos leva ao aumento do tamanho adulto das matrizes. Isto é indesejável, principalmente por comprometer a eficiência reprodutiva em condições nutricionais limitantes (LANNA et al., 2003). Pelos problemas mencionados acima, novos parâmetros de eficiência têm sido sugeridos, como o Consumo Alimentar Residual (ARCHER et al., 1999; BASARAB et al., 2003).

O Consumo Alimentar Residual (CAR) é uma medida obtida pela diferença entre o consumo observado além ou aquém do necessário para atender exigências preditas de manutenção e crescimento. As exigências são preditas para o cálculo do consumo predito baseadas no peso vivo médio e ganho de peso diário do animal através de uma equação de regressão múltipla (KOCH et al., 1963). Assim, os animais mais eficientes apresentam CAR negativo (consumo observado menor que o predito para o peso e ganho observados do grupo contemporâneo em que foi avaliado) e os menos eficientes um CAR positivo (consumo observado maior que o predito).

Esta medida de eficiência é independente do peso e do ganho animal (BASARAB et al., 2003), ao contrário da eficiência de conversão alimentar, calculada pela razão do consumo alimentar / ganho de peso. De acordo com

Sundstrom (2004), a conversão alimentar possui ligação direta com o ganho de peso, resultando em aumento do tamanho adulto.

Ao avaliarem novilhos Nelore terminados em confinamento, Almeida, Leme e Lanna (2004) verificaram que as variáveis consumo alimentar residual, peso vivo médio metabólico e ganho médio diário não são correlacionadas. Assim, a utilização do CAR como índice de seleção para eficiência alimentar permite a identificação de animais com menor consumo de alimentos e menores exigências para manutenção, sem alterar o peso adulto ou o ganho de peso Koch et al. (1963); Carstens et al. (2002); Basarab et al. (2003); Paulino et al. (2004)). De acordo com Moore et al. (2005), a redução do consumo de alimentos para o mesmo nível de produção poderá aumentar consideravelmente a rentabilidade da indústria de carne bovina.

Além das vantagens mencionadas, o CAR é um índice que pode ser incluído em programas de melhoramento genético de bovinos de corte por apresentar moderada a alta herdabilidade, com estimativas publicadas que variam de 0,30 a 0,35 (ARCHER et al., 1998; ARTHUR et al., 1997, 2001b; ARTHUR; RENAND; KRAUSS, 2001; FAN; BAILEY; SHANNON, 1995; HERD; BISHOP, 2000; KOCH et al., 1963; LIU et al., 2000; RENAND; FOUILLOUX; MENISSIER, 1998). Ainda, na literatura observa-se uma considerável variabilidade entre animais para tal medida de eficiência (ARCHER et al., 1999, 2002; ARTHUR et al., 2001b; BASARAB et al., 2003; CARSTENS et al., 2002; HERD; ARCHER; ARTHUR, 2003; LIU et al., 2000).

Arthur et al. (2001a) acasalaram fêmeas de baixo CAR (mais eficientes) com touros de baixo CAR e da mesma forma fêmeas de alto CAR (menos eficientes) com touros de alto CAR. Após duas gerações, as progenies foram comparadas. A progênie oriunda de pais com baixo CAR apresentaram ganhos de peso semelhantes (1,44 vs. 1,40 kg/dia) e o mesmo peso final (384 vs. 381 kg) comparados à progênie resultante de alto CAR, porém apresentaram CAR mais baixo (-0,54 vs. +0,70 kg/dia), consumiram menos alimento (9,4 vs. 10,6 kg MS) e apresentaram menor conversão alimentar (6,6 vs. 7,8 kg MS/kg ganho). Neste

trabalho observou-se que a característica CAR apresenta moderada herdabilidade (0,39) e está positivamente correlacionada com conversão alimentar ($r=0,63$). .

Em outro estudo, conduzido pelos mesmos autores, a correlação genética entre o CAR obtido em novilhas em regime de confinamento e em regime de pasto, foi superior a 90%, indicando que se trata da mesma característica genética (ARTHUR et al., 2001a). Desta forma, a identificação de animais mais eficientes em confinamento abre a oportunidade de melhorar a eficiência do rebanho a pasto. Alguns pesquisadores brasileiros também têm estudado as propriedades fenotípicas para CAR, particularmente em animais da raça Nelore. Almeida et al. (2004) verificaram valores de desvio-padrão para CAR em novilhos Nelore em crescimento de 1,05 kg/dia, com valores de mínimo e máximo de -1,70 e +2,07, respectivamente. O valor do desvio observado foi maior que o encontrado por Arthur et al. (2001a), para com animais da raça Angus. Almeida (2005) obteve desvio-padrão da média do CAR de 0,41 e valores de mínimo e máximo de -0,73 e +0,95, verificando a existência de variabilidade fenotípica para esta característica em animais Nelore.

Ao avaliar o desempenho de bezerros de alto e baixo CAR, Fox (2004) observou que os 10 bezerros mais eficientes (CAR negativo) de 62 touros consumiram proporcionalmente 28% menos alimento quando comparados aos 10 piores (CAR positivo) e médias de ganho de peso vivo semelhantes entre os grupos. Basarab et al. (2003) observaram que os animais com CAR negativo apresentaram consumo de matéria seca 10,4% menor (0,940 kg/dia) que os animais com CAR positivo e ganho de peso similares. Nkrumah et al. (2006) também reportaram menor produção de calor em animais com baixo CAR comparado com aqueles com alto CAR.

A variação entre indivíduos dentro da mesma raça e a considerável herdabilidade da característica CAR indicam a possibilidade de seleção de animais mais eficientes pelos programas de melhoramento genético. Embora existam associações favoráveis para seleção entre CAR e características de desempenho, as associações genéticas entre as medidas de eficiência e características de carcaça e qualidade de carne devem ser mais estudadas, pois

há indícios que animais que apresentam CAR negativo apresentam carcaças mais magras.

Richardson et al. (2001) avaliaram a composição corporal de progênes de touros e matrizes selecionados divergentemente para CAR. No estudo os animais de CAR negativo apresentaram menor espessura de gordura e maior ganho em proteína quando comparados aos animais de CAR positivo. Na maior parte da literatura consultada (ARCHER et al., 1999; BASARAB et al., 2003, CARSTENS et al., 2002; HERD et al., 2004; ROBINSON et al., 2004) este novo parâmetro de eficiência (CAR) está relacionado com a composição do ganho de peso, onde os animais mais eficientes (CAR negativo) tendem a apresentar carcaças mais magras, com menor gordura de acabamento, menor gordura intramuscular e menor teor de gordura na cavidade abdominal.

No entanto, existem resultados controversos, como os obtidos por Sainz et al. (2006), onde diferenças entre as médias de peso de carcaça quente área de olho de lombo, espessura de gordura subcutânea, marmorização, acabamento, massa visceral e gordura abdominal não foram observadas em novilhos Angus-Hereford com alto e baixo CAR.

2.2 Fatores envolvidos na variação do Consumo Alimentar Residual (CAR)

A variação observada na eficiência dos animais está relacionada a pelo menos cinco processos: consumo de alimentos, digestão e gastos energéticos associados, processos de anabolismo e catabolismo associados com o metabolismo, incluindo a variação em composição corporal, atividade, e por fim, termorregulação (HERD et al., 2004).

O consumo alimentar e a composição corporal são regulados por um grande número de hormônios e outros reguladores do metabolismo, como por exemplo a leptina. A relação direta entre este hormônio e os processos de regulação do consumo pode estar relacionado ao potencial de crescimento e ao CAR. O consumo depende da capacidade de ingestão e de metabolização dos nutrientes, ou seja, de fatores físicos e fisiológicos, respectivamente. A leptina tem sido apontada como um importante fator na regulação do metabolismo energético,

comportamento do consumo de alimentos e reprodução em muitas espécies de animais ruminantes ou não (WILLIAMS, 2002). O efeito da leptina na regulação do consumo de alimentos tem conduzido à hipótese de que este hormônio é o regulador do balanço energético em animais normais (RAMSEY, 1999). A secreção da leptina está correlacionada com a massa de gordura corporal e é afetada por alterações na ingestão de alimentos (ZIEBA et al., 2005).

Assim, a leptina está envolvida no controle do consumo alimentar e na composição corporal dos mamíferos. Portanto, acredita-se que devido ao baixo consumo de MS os animais com baixo CAR teriam baixas concentrações plasmáticas de leptina, o que não ocorreu no estudo de Sanches et al. (2006) que verificaram que o CAR apresentou correlação negativa com a leptina plasmática, o que significa que animais com baixo CAR tendem a ter níveis mais altos de leptina plasmática. Desta forma, o menor consumo alimentar destes animais poderia ser consequência da inibição do apetite pelos níveis elevados de leptina.

De acordo com Hoque, Katoh e Suzuki (2009) a concentração sérica de leptina está relacionada com a diminuição do consumo de alimento, mas não associada ao apetite. Entretanto, Nkurumah et. al, (2007) observaram relação entre consumo alimentar residual e taxa de conversão alimentar com concentração sérica de leptina como moderada e negativa ($-0,44 \pm 0,24$ e $-0,24 \pm 0,38$, respectivamente) em bovinos confinados. Richardson et al. (2004) observaram correlação fenotípica significativa ($r=0,31$) entre consumo alimentar residual e nível sérico de leptina em animais da raça Angus.

Segundo Richardson e Herd (2004), as diferenças em digestão contribuem conservadoramente em 10% da variação no CAR, padrão de alimentação, em 2%, incremento calórico associado à digestão, em 9% e atividade física, em 10%. Diferenças em transporte de íons, processo esse ainda não mensurado, contribuiria em 27% da variação no CAR. Entretanto, há muito pouca pesquisa delineada de forma a validar estas estimativas.

Quando dois animais têm pesos corporais e taxas de ganho de peso semelhantes, porém com consumos alimentares diferentes, o mais eficiente pode apresentar uma exigência de manutenção inferior ao menos eficiente. Foi

exatamente essa a observação de Castro Bulle et al. (2007). Nesse estudo, foram determinadas exigências de energia metabolizável para manutenção de novilhos com alto e baixo CAR de 0,154 e 0,100 Mcal EM/kg^{0.75}•d, respectivamente.

No mesmo experimento, foi estimada a taxa de degradação das proteínas miofibrilares. A correlação entre a taxa fracional de degradação protéica e a exigência energética de manutenção foi de 0,498, indicando que aqueles animais com taxas mais elevadas de *turnover* protéico seriam também aqueles com maiores necessidades energéticas e portanto menos eficientes. Outra alternativa, sugerida por Nkrumah et al. (2006), é que os animais mais eficientes obtêm mais energia e proteína da dieta, e produzem menos metano. Entretanto, diferenças na digestibilidade dos alimentos entre animais tem sido mostradas como muito baixas (BAUMAN et al., 1985).

A maior parte da literatura consultada (ARCHER et al., 1999; BASARAB et al., 2003, CARSTENS et al., 2002; HERD et al., 2004; ROBINSON et al., 2004) afirma que o CAR está relacionado com a composição do ganho de peso, onde os animais mais eficientes (CAR negativo) tendem a apresentar carcaças mais magras, com menor acabamento e com menor gordura intramuscular, além de menor teor de gordura na cavidade abdominal. Entretanto, Sainz et al. (2006), não encontraram diferença entre novilhos Angus-Hereford com alto e baixo CAR para peso de carcaça quente, área de olho de lombo, espessura de gordura subcutânea, marmorização, acabamento, massa visceral e gordura abdominal. Gomes (2009), demonstrou uma redução dos teores de gordura visceral, apesar de não haver nenhuma alteração nos indicadores de gordura da carcaça. Desta forma, é importante notar que certos trabalhos podem ter deixado passar despercebida uma diferença na composição corporal por só terem avaliado a parâmetros da carcaça.

Há ainda muitas dúvidas no que representa a seleção para CAR, bem como quais mecanismos fisiológicos estariam sendo alterados. É fundamental que mais pesquisa seja conduzida para identificar o que efetivamente representa a seleção para consumo alimentar residual.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Animais, dieta, manejo e coletas

Local/animais: O experimento foi conduzido no confinamento experimental da empresa Guaporé Pecuária S/A, em Pontes e Lacerda, MT, entre os meses de setembro e dezembro de 2007.

Foram avaliados 75 novilhos da raça Nelore, filhos de 8 touros representativos dentro da raça, de genealogia conhecida, com aproximadamente 18 meses de idade e peso vivo médio inicial de $394,4 \pm 29$ kg e altura média inicial de $1,48 \pm 0,04$. Somente grupos com mais de 5 filhos de um touro progenitor foram incluídos. Os animais foram distribuídos inteiramente ao acaso em baias individuais de 24 m^2 , com cocho descoberto, submetidos a um período de 15 dias de adaptação às instalações e à dieta, sendo posteriormente avaliados por um período experimental de 70 dias.

Tabela 1 – Número de filhos dos touros representativos da raça Nelore

Touro								
1	2	3	4	5	6	7	8	N total
10	6	5	10	5	12	12	15	75

Tratamentos/Dieta:

A dieta era composta de 25% silagem de sorgo e 75% concentrado com 13,21% de proteína bruta (Tabela 2). A silagem foi produzida na própria empresa enquanto que o concentrado foi fornecido pela empresa Santa Cruz Nutrição Animal. Foram utilizados os seguintes ingredientes: silagem de sorgo, milho grão, farelo de soja, caroço de algodão, torta de girassol, sal branco, bicarbonato de sódio, cloreto de potássio, e premix mineral com ionóforo. Durante os 7 primeiros dias de adaptação os animais receberam dieta com 60% de volumoso e 40% de concentrado, nos 8 dias restantes a dieta experimental com 25% de silagem e 75% de concentrado e partir daí a dieta final. O fornecimento da ração total

misturada foi ajustado diariamente de forma a manter sobras equivalentes a 10% do montante ofertado.

Tabela 2 – Composição da dieta utilizada no experimento com base na matéria seca (%MS)

Ingredientes	% na MS
Silagem de sorgo	25,00
Milho grão seco, moído grosso	48,80
Caroço de algodão	15,00
Farelo de soja 45%	7,20
Torta de girassol	1,40
Gordura protegida	0,90
Sal	0,40
Bicarbonato de sódio	0,40
Cloreto de potássio	0,40
Premix mineral ¹	0,50
Total	100,0
<hr/>	
Nutrientes	
Matéria seca ²	61,30
Matéria orgânica	52,74
Extrato etéreo	6,88
Fibra em detergente neutro	31,23
Fibra em detergente neutro corrigida para cinza e proteína	26,27
Fibra em detergente ácido	18,00
Proteína bruta	13,22
Proteína degradável no rúmen ³	9,32
Nutrientes digestíveis totais ⁴	84,68

¹Presença do ionóforo salinomicina na concentração de 12 mg/kg; ²com base na matéria natural; ³National Research Council (1996); ⁴estimado por intermédio da fórmula de Weiss et al. (1992).

Manejo/Coletas:

Foram realizados três tratos diários, sendo o primeiro às 7:00 horas, o segundo às 12:00 horas e o terceiro e último as 17:00 horas, nos quais a dieta completa era disponibilizada aos animais em cochos individuais, com controle de todo o alimento fornecido. O consumo diário de matéria seca foi obtido pela diferença entre a quantidade oferecida e as sobras, que eram quantificadas no dia seguinte, quando os cochos eram limpos e as sobras, então, pesadas. Procurou-se manter a quantidade de sobras na proporção de 5 a 10% do total oferecido, garantindo oferta *ad libitum* aos animais.

Amostras de silagem foram coletadas semanalmente para a determinação de matéria seca, com o objetivo de ajustar o consumo para uma proporção fixa de volumoso:concentrado.

Amostras da dieta oferecida e das sobras foram coletadas no vagão forrageiro e no cocho, respectivamente, ao longo do período experimental e ao final foram compostas as amostras para cada animal, para as posteriores determinações bromatológicas, baseadas nas frações exigidas para estimar os nutrientes digestíveis totais (NDT) pela equação proposta por Weiss et al. (1992). Dessa forma, foram determinados os teores de matéria seca (MS), matéria mineral (MM), extrato etéreo (EE) e proteína bruta (PB) de acordo com a Association of Official Analytical Chemists - AOAC (1990); fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e lignina de acordo com metodologia sugerida por Van Soest et al. (1991), utilizando amilase e sulfito de sódio nas determinações de FDN; nitrogênio ligado ao FDN (NFDN) e nitrogênio ligado ao FDA (NFDA) segundo Licitra et al. (1996).

A coleta de fezes foi feita do chão, no período da manhã e com as mesmas frescas. Foram tomados todos os cuidados para que não houvesse nenhum tipo de contaminação com o solo, e caso houvesse a amostra seria descartada. Após a amostragem as amostras foram acondicionadas imediatamente em caixa de isopor com gelo. No laboratório, todas as amostras foram secas em estufa a $55 \pm 5^\circ\text{C}$ durante 48 horas e posteriormente moídas em moinho de facas com peneira

de 1 mm. As análises laboratoriais feitas nas amostras de fezes foram: matéria seca (105°C) e cinzas (AOAC, 1990).

Os animais foram pesados em jejum completo de 16 horas, ao início do período experimental, no 35º dia e ao final do experimento. Nas pesagens foram feitas medições de altura, de área do músculo *Longissimus dorsi* entre as 12ª e 13ª costelas e de espessura de gordura subcutânea nessa região, bem como sobre a garupa (ponto P8); marmoreio, todas mediante a ultra-sonografia em tempo real. A ultrassonografia foi realizada por um técnico credenciado pela Associação Nacional de Criadores e Pesquisadores (ANCP, Ribeirão Preto – SP), utilizando um aparelho Aloka 500V com transdutor de 17 cm e 3,5 MHz.

Tabela 3 – Datas das pesagens durante a fase de adaptação e período experimental

Pesagem	Adaptação	1	2	3
Data	27/08/07	11/9/07	23/10/07	28/11/07

3.2 Abate

Após o término do período experimental (70 dias de confinamento para todos os animais), os animais foram abatidos em um frigorífico comercial. Após apenas jejum alimentar de 16 horas na Guaporé Pecuária, os animais foram pesados para permitir posteriores determinações do ganho e do rendimento de carcaça e rendimento de carcaça no ganho em função do peso vivo final.

Após a insensibilização, sangria, esfola e retirada do aparato gastrointestinal dos animais, a carcaça foi dividida longitudinalmente em meias carcaças. As carcaças foram avaliadas de acordo com os padrões brasileiros (peso, rendimento, escore de conformação, dentição e escore de acabamento), bem como do USDA (Quality Grade e Yield Grade).

Após 24 horas de estocagem das carcaças em câmara fria mantida a temperatura de 1°C, uma meia carcaça foi dividida entre as 12ª e 13ª costelas para determinação da área de olho de lombo, espessura de gordura subcutânea e marmoreio, e também para a retirada do traseiro especial (traseiro + lombo). O

lombo foi desossado manualmente para a retirada do contra-filé, de onde foram retiradas amostras para a determinação da força de cisalhamento e para a obtenção do índice de fragmentação miofibrilar (IFM), após 7 dias de maturação. Todas as amostras destinadas para determinação da força de cisalhamento foram embaladas à vácuo em filmes especiais para maturação. A maturação se deu com a permanência das amostras do músculo em câmara refrigerada na temperatura de 1°C por sete dias, após o qual foram congeladas até a análise. Uma amostra adicional do músculo foi retirada para determinação do teor de extrato etéreo de acordo com metodologia de AOAC (1990). A força de cisalhamento (Warner-Bratzler) foi determinada conforme metodologia descrita por Wheeler et al. (2001). O índice de fragmentação miofibrilar foi mensurado mediante o procedimento de Culler et al. (1978).

3.3 Análises estatísticas

Os valores preditos de consumo de matéria seca e as estimativas de CAR foram obtidos através do procedimento REG do software estatístico Minitab (Minitab Inc., College Park, PA). Para a determinação do consumo predito de matéria seca (CMS) foi estimada a regressão do consumo diário no peso vivo (PV) médio metabólico ($PV_{\text{médio}} = (PV_{\text{final}} + PV_{\text{inicial}})/2$) e ganho médio diário (GMD, o coeficiente da estimativa da regressão do peso vivo individual em função do tempo):

$$\text{CMS} = \beta_0 + \beta_1 \times (PV_{\text{médio}})^{0,75} + \beta_2 \times (\text{GMD}) + \varepsilon$$

O CAR de cada animal foi calculado como o consumo observado menos o consumo predito, ou seja, ε .

A partir disso, os animais foram classificados como sendo de alto CAR (menos eficientes) aqueles cujo consumo observado foi 0,5 desvio padrão maior que a média e baixo CAR (mais eficientes) aqueles cujo consumo observado foi 0,5 desvio padrão menor que a média.

Todas as mensurações de desempenho animal (consumo, ganho de peso, dados de ultra-sonografia) e de qualidade de carcaça (peso de carcaça, acabamento, área de olho de lombo, espessura de gordura, extrato etéreo, força

de cisalhamento), assim como a comparação entre touros foram analisadas mediante análise de variância. Foi utilizado o procedimento GLM do software estatístico Minitab (Minitab Inc., College Park, PA), com a classificação de CAR como efeito principal e o peso inicial ou final como covariável.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As médias de ganho de peso, consumo diário de matéria seca e CAR, para os 70 dias de ensaio foram respectivamente 1,20 (DP= 0,25), 9,58 (DP= 1,0) e 0,0 (DP= 0,66) kg/dia. A equação de predição do consumo de matéria seca (equação 1) foi obtida em função do peso vivo médio metabólico e do ganho diário.

$$\text{CMS} = -1,96 + 0,0981\text{PVMM} + 1,44 \text{ GMD} \quad (\text{equação 1})$$

Na população avaliada a relação entre o peso médio metabólico e os consumos de matéria seca e de nutrientes digestíveis totais (Figuras 1 e 2, respectivamente), foi diretamente proporcional, como esperado, ou seja, quanto mais pesado o animal, maior o consumo. O mesmo foi observado para o consumo em relação ao ganho de peso, onde 31% da variação no consumo individual de matéria seca pôde ser explicada pelo ganho (Figura 3).

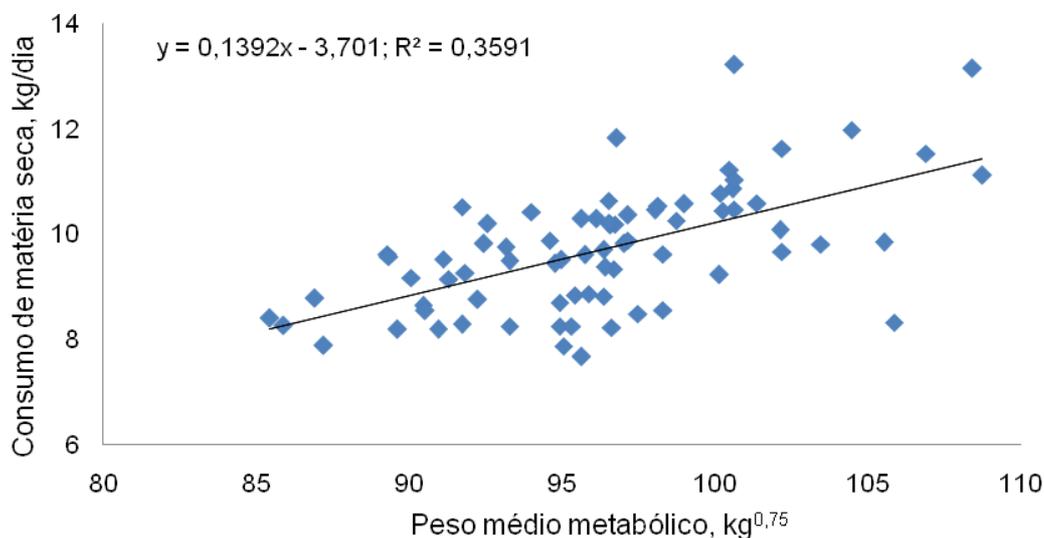


Figura 1 – Relação entre consumo de matéria seca e peso vivo médio metabólico de novilhos da raça Nelore terminados em confinamento

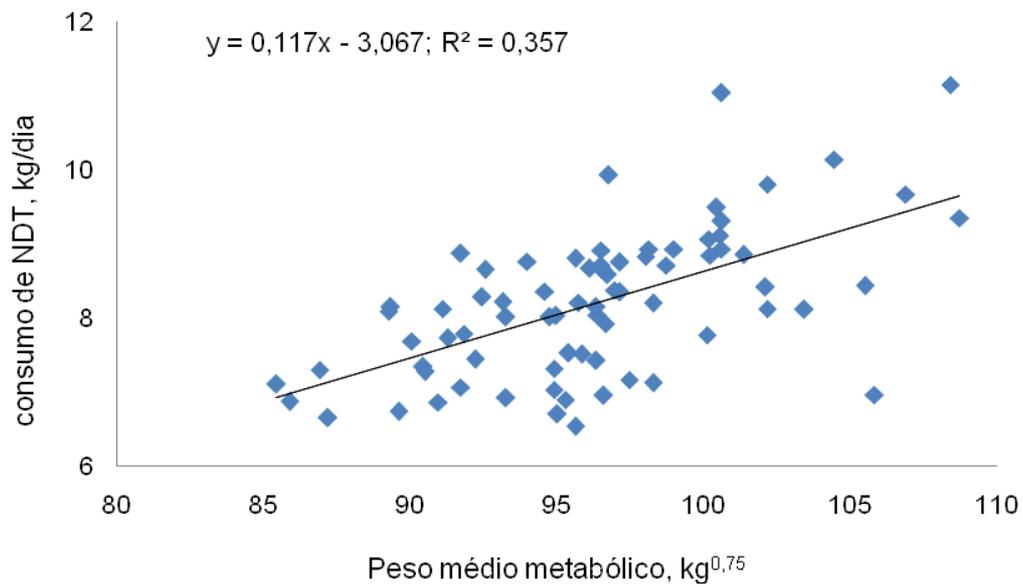


Figura 2 – Relação entre peso médio metabólico ($\text{kg}^{0,75}$) e consumo de nutrientes digestíveis totais (kg/dia) de novilhos da raça Nelore terminados em confinamento

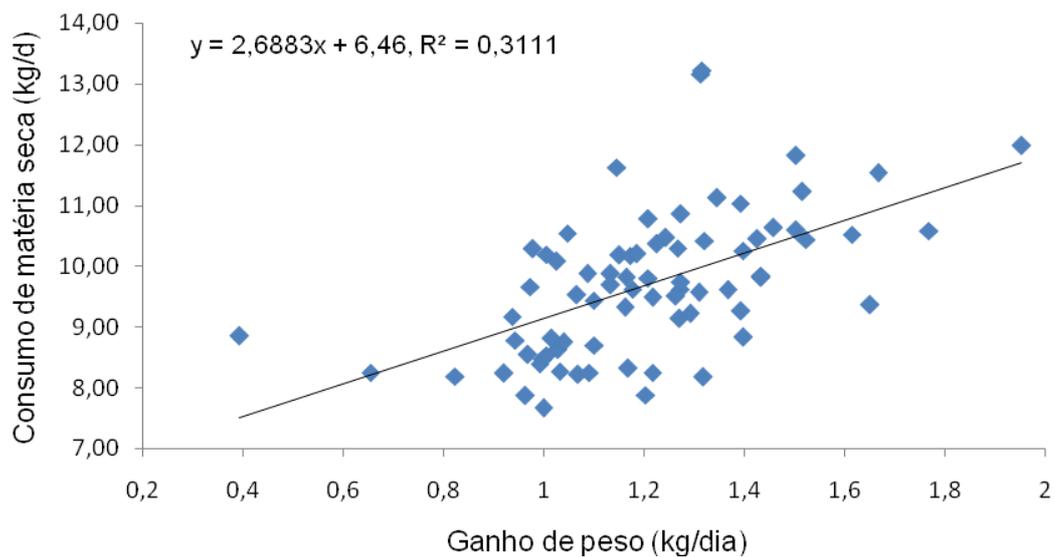


Figura 3 – Relação entre consumo de matéria seca e ganho de peso diário de novilhos da raça Nelore terminados em confinamento

A característica CAR apresentou variabilidade fenotípica o que possibilita a classificação dos animais, seguindo o critério $CAR \geq 0,5$ desvio-padrão, abaixo e acima da média. De acordo com este critério 33% dos animais foram classificados como alto CAR, 28% como baixo CAR e 39% se enquadraram no grupo de médio CAR (Tabela 4). No presente trabalho a amplitude (-1,26 a 1,64 kg/dia) e desvio-padrão (0,71 kg/dia) dos valores de CAR encontrados foram menores que aqueles apresentados por Almeida, Lanna e Leme (2004) para novilhos Nelore (-1,70 a 2,07 kg/dia e 1,05 kg/dia, respectivamente). O desvio-padrão foi muito similar aos obtidos em trabalhos com animais da raça Angus (0,74) (ARTHUR et al., 2001) e em touros Charolês (0,76) (ARTHUR; RENAND; KRAUSS, 2001a). Os valores foram mais baixos do que o observado em novilhos cruzados (0,82) (CARSTENS et al., 2002) e um pouco mais elevados que os observados em novilhos de raças compostas (0,66) (BASARAB et al., 2003).

Tabela 4 – Parâmetros de desempenho de novilhos Nelore com alto, médio e baixo CAR terminados em confinamento

Variável	CAR			DP	P>F
	Alto	Médio	Baixo		
CAR, kg/dia					
N	24	28	23		
Média	0,71	-0,01	-0,85	0,71	<0,01
máximo	1,64	0,33	-0,36		
mínimo	0,38	-0,31	-1,26		
Peso vivo inicial, kg	397,8	388,4	393,7	25,1	0,48
Peso vivo final, kg	490,7	486,1	482,6	36,2	0,75
Altura, cm	1,46	1,47	1,46	0,03	0,94
Consumo de MS, kg/dia	10,37	9,58	8,63	0,75	<0,01
Consumo de NDT, kg/dia	8,77	8,09	7,28	0,63	<0,01
Ganho de peso diário, g/dia	1,153	1,205	1,215	0,04	0,69
Eficiência alimentar, kg/kg	0,099	0,107	0,112	0,01	0,03

Os indivíduos menos eficientes (alto CAR) apresentaram maior consumo de matéria seca e de NDT, e tiveram maior CAR que animais com médio CAR, enquanto que este grupo apresentou valores maiores para as características de consumo quando comparados aos animais mais eficientes (baixo CAR).

Os grupos de CAR não diferiram entre si quanto ao peso vivo inicial, peso vivo final e altura de garupa ($P>0,05$). Os animais do grupo baixo CAR apresentaram menor consumo de matéria seca e NDT ($P<0,01$) e foram mais eficientes ($P<0,05$) em relação aos animais de médio e alto CAR. As diferenças em ingestão e eficiência alimentar entre os indivíduos mais e menos eficientes foram 1,74 kg MS/dia, 1,49 kg NDT/dia e 1,37 kg/kg (Tabela 4). O ganho de peso diário não diferiu entre os grupos de eficiência com valores de 1,153 e 1,215 kg/dia, para alto e baixo CAR, respectivamente. Possivelmente a época em que este ensaio foi conduzido tenha causado algum tipo de prejuízo no ganho de peso dos animais avaliados, visto que chuvas eventuais ocorreram. O fato de os animais serem castrados também pode ter sido limitante para o melhor ganho em peso, uma vez que animais inteiros apresentam maior eficiência de conversão e velocidade de ganho (RESTLE et al., 2000).

Segundo Castro Bulle et al. (2007), quando dois animais têm pesos corporais e taxas de ganho de peso semelhantes, porém com consumos alimentares diferentes, o mais eficiente pode apresentar uma exigência de manutenção inferior ao menos eficiente. O contrário também é verdadeiro, ou seja, animais de maior consumo para um ganho semelhante possuem maiores necessidades energéticas e, portanto, menor eficiência.

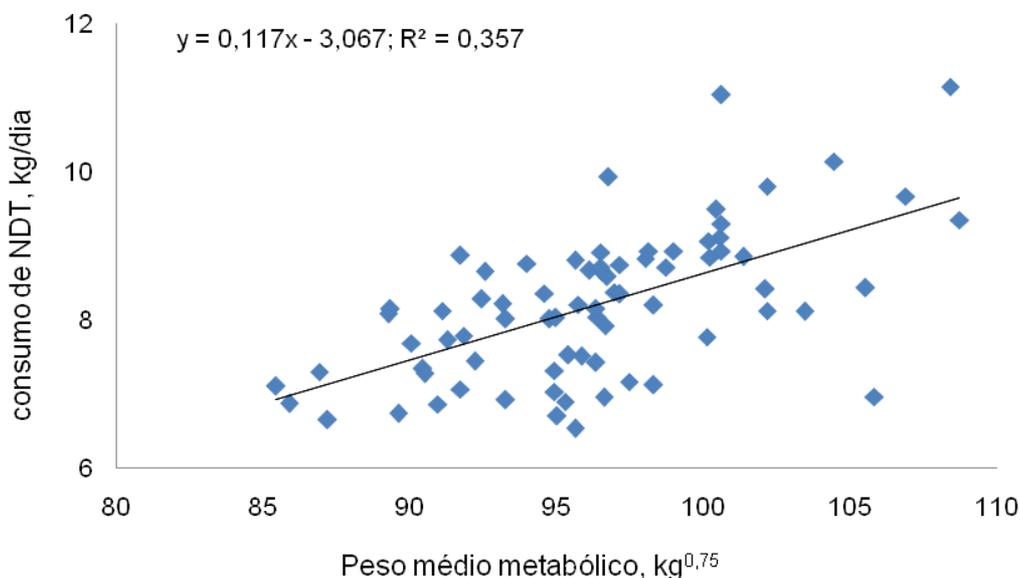


Figura 4 – Relação entre peso médio metabólico e consumo de nutrientes digestíveis totais de novilhos da raça Nelore terminados em confinamento

A relação entre os consumos predito, baseado no peso médio metabólico e ganho de peso, e observado apresentou um R^2 de 0,40, isto é, as variáveis utilizadas para predizer o consumo podem explicar até 40% da sua variação. Visto de outra forma, outros fatores, entre eles o genótipo, explicariam 60% da variação. O Consumo Alimentar Residual (CAR) é a distância vertical do consumo de cada animal até a linha de regressão. Animais acima da linha (CAR positivo) consomem mais do que o esperado, portanto são menos eficientes; enquanto que os animais abaixo da linha (CAR negativo) consomem menos do que o esperado, portanto mais eficientes (Figura 5).

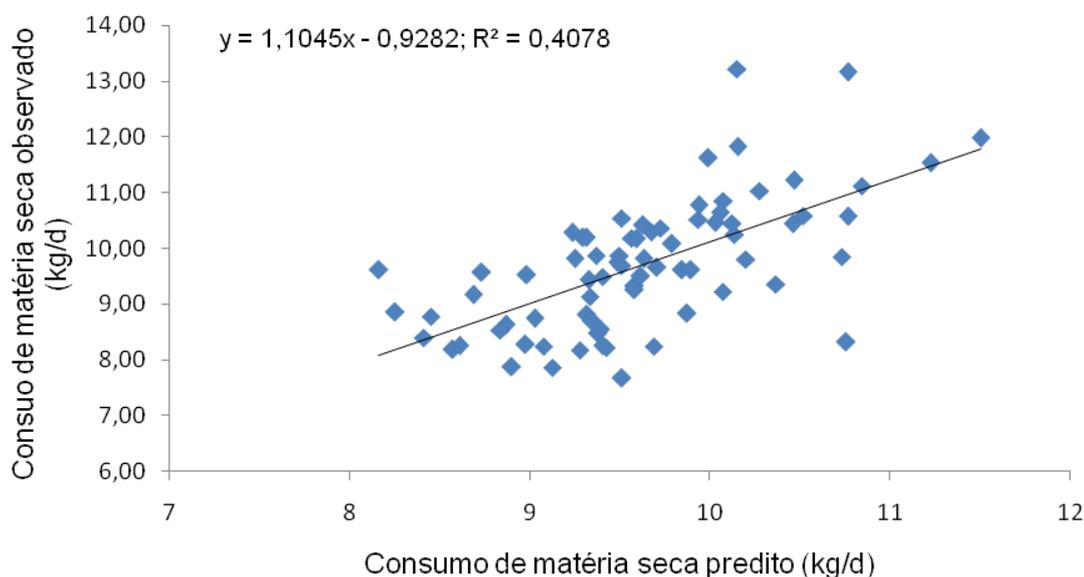


Figura 5 – Relação entre consumo de matéria seca observado e esperado de novilhos da raça Nelore terminados em confinamento

A medida de CAR tem a característica de ser independente do peso e do ganho animal, comparado, por exemplo, com a medida de eficiência de conversão alimentar, que é calculada pela razão do consumo alimentar/ganho de peso, onde existe a ligação direta com o ganho de peso e o tamanho adulto do bovino, resultando em aumento do tamanho adulto (SUNDSTROM, 2004). Os resultados obtidos confirmam as observações de Almeida; Leme e Lanna (2004), em cujo trabalho com novilhos Nelore terminados em confinamento, foi verificada a independência do consumo alimentar residual em relação às variáveis peso vivo médio metabólico e ganho médio diário (Tabela 5). Com relação à eficiência alimentar, não foi observada relação entre esta característica e o consumo de matéria seca, atestando que o indivíduo que apresentou maior consumo não necessariamente foi o mais eficiente.

Tabela 5 – Correlação fenotípica entre consumo alimentar residual (CAR) e variáveis de desempenho de novilhos Nelore terminados em confinamento ($P < 0,05$)

	PVMM ¹	GPD ²	CMS ³	CNDT ⁴	EA ⁵
CAR	0,161	0,040	0,737	0,732	-0,364
Valor - P	0,17	0,74	<0,01	<0,01	<0,05

¹PVMM, peso vivo médio metabólico ($\text{kg}^{0,75}$); ²GPD, ganho de peso diário (kg/dia); ³CMS, consumo de matéria seca (kg/dia); ⁴CNDT, consumo de nutrientes digestíveis totais (kg/dia); ⁵EA, eficiência alimentar (kg/kg).

4.1 Características de carcaça e qualidade de carne

Não foram observadas diferenças entre os grupos de CAR quanto ao rendimento e peso da carcaça quente ($P > 0,01$), nem tampouco foram encontradas diferenças quanto as características do músculo *Longissimus dorsi*, cuja área, peso e espessura de gordura sobre o mesmo, foram semelhantes entre os grupos de eficiência ($P > 0,10$). Não houve efeito das categorias de CAR sobre as características de qualidade de carne avaliadas (Tabela 6), onde marmorização, teor de extrato etéreo, índice de fragmentação miofibrilar e força de cisalhamento foram semelhantes ($P > 0,10$).

Tabela 6 – Características de carcaça de qualidade de carne de novilhos Nelore com alto, médio e baixo CAR

Variável	CAR			DP	P >F
	Alto	Médio	Baixo		
Peso de carcaça quente, kg	270,1	266,6	262,9	20,0	0,49
Rendimento de carcaça, %	55,06	54,83	54,49	0,01	0,34
Gordura subcutânea, mm	5,13	5,15	5,05	1,90	0,98
Escore de marmorização	176,5	173,5	199,4	60,7	0,34
<i>Longissimus dorsi</i> , kg	5,31	5,42	5,25	0,46	0,60
Área do músculo <i>Longissimus</i> , cm ²	70,56	70,15	71,00	6,39	0,91
Extrato etéreo no <i>Longissimus</i> , %	3,20	3,23	2,49	1,54	0,22
Força de cisalhamento, kg	4,88	5,01	4,60	1,45	0,62
Índice de fragmentação miofibrilar	26,00	25,57	23,70	8,20	0,62

Os resultados de características de carcaça em função dos grupos de CAR diferiram de grande parte de resultados disponíveis na literatura (ARCHER et al., 1999; BASARAB et al., 2003, CARSTENS et al., 2002; HERD et al., 2004; ROBINSON et al., 2004), que indicam que o parâmetro CAR está relacionado com a composição do ganho de peso, onde os animais de CAR negativo (mais eficientes) tenderiam a apresentar carcaças mais magras, com menor acabamento e menor proporção de gordura intramuscular. Estes fatores poderiam ter um impacto negativo sobre a qualidade da carne, uma vez que o acabamento da carcaça, os rendimentos de cortes, a maciez e a suculência do produto estão relacionados à quantidade e ao local de deposição de gordura, sendo, pois, esta porção fundamental e importante componente do sistema de produção de carne (BERNDT et al., 2002). Em contrapartida, os resultados foram coerentes aos observados por Sainz et al. (2006) e Gomes et al. (2009) onde não se observou diferença entre novilhos Nelore com alto e baixo CAR para peso de carcaça quente, área de olho de lombo, espessura de gordura subcutânea, marmorização, acabamento, massa visceral e gordura abdominal

Almeida, Lanna e Leme (2004) também relataram não haver diferenças entre indivíduos menos e mais eficientes da raça Nelore quanto à espessura de gordura subcutânea e área de olho de lombo ao abate. Entretanto, posteriormente, uma menor quantidade de gordura na carcaça e maior área de olho de lombo em animais mais eficientes, também da raça Nelore foram encontradas por Leme e Gomes (2007). Mas esta divergência de resultados na mesma raça pode ser explicada pelo fato de que os animais utilizados nos dois estudos apresentavam maturidades fisiológicas diferentes, ou seja, o primeiro estudo utilizou animais com peso vivo inicial e ao abate maiores que este último trabalho comentado, sendo 457,0 e 539,0 kg vs 339,0 e 471,0 kg, respectivamente.

Os resultados de qualidade de carne também são diferentes de alguns dos estudos já realizados, cujas porcentagens observadas de gordura no ganho corporal de bovinos menos eficientes foram maiores (JENSEN et al., 1992; BASARAB et al., 2003; RICHARDSON et al., 2001). As medidas realizadas ao abate com o objetivo de avaliar a deposição de gordura corporal, como marmorização e teor de extrato etéreo no *Longissimus*, não se apresentaram diferentes quando comparados os grupos de eficiência ($P>0,05$), confirmando não haver relação entre CAR e composição corporal no presente trabalho. Da mesma maneira a força de cisalhamento e índice de fragmentação miofibrilar no músculo *Longissimus* não diferiram entre os diferentes grupos ($P>0,05$). McDonagh et al. (2001) e Baker et al. (2006) também não relataram diferenças entre os grupos de CAR para força de cisalhamento em animais de raças britânicas. Entretanto, McDonagh et al. (2001) verificaram que animais de baixo CAR apresentaram menor índice de fragmentação miofibrilar (Tabela 7).

Tabela 7 – Correlação fenotípica entre CAR e características de carcaça de novilhos Nelore terminados em confinamento

	PCQ ¹	Rend ²	AOL ³	EG ⁴	Escore ⁵	FC ⁶	IFM ⁷	EE ⁸
CAR	0,197	0,215	-0,047	0,045	-0,156	0,089	0,079	0,244
P	0,10	0,07	0,71	0,85	0,21	0,46	0,51	0,04

¹PCQ, peso de carcaça quente (kg); ²Rend, rendimento de carcaça (%); ³AOL, área de olho de lombo (cm²); ⁴EG, espessura de gordura subcutânea (mm); ⁵Escore, escore de marmoreio; ⁶FC, força de cisalhamento (kg); ⁷IFM, índice de fragmentação miofibrilar; ⁸EE, extrato etéreo no *Longissimus* (%).

4.2 Características de desempenho de progênes de touros representativos da raça Nelore

Não foram detectadas diferenças ($P > 0,05$) entre as progênes dos touros avaliados no que diz respeito à altura, peso vivo inicial, peso vivo final, ganho de peso diário, consumo de matéria seca e eficiência alimentar (Tabelas 8 e 9).

Nos últimos anos tem-se dado atenção ao estudo do tamanho corporal adequado para bovinos de corte em função do ambiente (exigências para produção e manutenção) e o retorno econômico do sistema de produção. A altura da garupa foi mensurada no presente estudo com a finalidade de conhecer o crescimento esquelético das progênes em questão. Esta característica está correlacionada às exigências de manutenção em função do peso adulto, e é necessário que pesquisas dêem atenção especial para esta variável afim, de aprofundar o conhecimento sobre o *frame size* do Nelore.

Houve um tendência ($P < 0,10$) para diferença entre as médias das progênes para ganho de peso diário, com um valor médio máximo nos filhos do Touro 2 de 1,315 kg/dia e mínimo nos filhos do Touro 3 de 1,050 kg/dia e consumo de nutrientes digestíveis totais, com um valor médio máximo para os filhos do Touro 8 de 8,58 kg/dia e mínimo nos filhos do Touro 1 de 7,50 kg/dia. Vale ressaltar que apesar de os filhos do Touro 8 apresentarem um ganho de peso médio de 1,292 kg/dia, mais elevado que os filhos do Touro 1 que foi de 1,164 kg/dia, não havendo diferença ($P > 0,05$). Portanto, os filhos do Touro 1

consumiram 1,08 kg de NDT a mais que os filhos do Touro 8, porém apresentaram ganhos de peso individuais semelhantes. Esta diferença está refletida nos valores de CAR, cuja progênie do Touro 8 apresentou uma média de CAR alta de +0,2165 kg/dia, enquanto que a do Touro 1 apresentou média baixa -0,548 kg/dia ($P < 0,10$). Ainda, a progênie do Touro 8 foi distribuída em 33, 53 e 13% nos grupos de alto, médio e baixo CAR, respectivamente, enquanto que o Touro 1 apresentou 0,40 e 60% dos filhos nestes grupos (Tabela 8). A diferença de consumo de energia entre as progênies destes touros (1,08 kg/dia) foi correspondente a cerca de 10% do consumo médio diário de matéria seca. Portanto, a mesma quantidade de alimento, ou de pasto, poderia suportar 10% mais filhos do Touro 1 que do Touro 8, acarretando em uma produção de carne proporcionalmente maior. Apesar de as diferenças numéricas entre grupos de progênies não alcançarem o nível de significância ($P < 0,05$), o que pode ser explicado pelo número pequeno de observações, as tendências ($P < 0,10$) podem ser consideradas como indicadoras de potenciais diferenças entre grupos. A magnitude das diferenças numéricas encontradas teria um enorme impacto econômico, portanto é muito importante gerar mais dados para verificar estes resultados.

Tabela 8 – Dados de desempenho médio de progênes de touros representantes da raça Nelore

Pai	GPD ¹	CNDT ²	CMS ³ (kg/dia)	CMSp ⁴	CAR ⁵	EA ⁶ kg/kg	% da progênie ⁷		
							Alto	Médio	Baixo
1	1,164	7,50	9,00	9,54	-0,548	0,129	0	40	60
2	1,315	7,84	9,27	9,60	-0,340	0,142	17	50	33
3	1,050	7,78	9,32	9,28	0,038	0,113	17	33	50
4	1,087	7,91	9,52	9,38	0,137	0,114	18	64	18
5	1,290	7,89	9,38	9,72	-0,243	0,138	20	60	20
6	1,287	8,42	9,95	9,76	0,184	0,129	25	50	25
7	1,133	8,21	9,57	9,42	0,153	0,118	55	36	9
8	1,292	8,58	10,14	9,99	0,217	0,127	33	53	13
DP	0,250	0,81	0,37	0,23	0,71	0,022			
P>F	0,09	0,08	0,10		0,07	0,10			

¹GPD, ganho de peso diário (kg); ²CNDT, consumo de nutrientes digestíveis totais; ³CMSo, consumo de matéria seca observado; ⁴CMSp, consumo de matéria seca predito; ⁵CAR, consumo alimentar residual = a diferença entre o consumo de MS observado e o consumo predito baseado no peso médio metabólico e o ganho de peso, números negativos estão associados a maior eficiência; ⁶EA, índice de conversão alimentar = $GPD \div CMS$; números maiores estão associados a maior eficiência; ⁷% da progênie classificada nos grupos de CAR.

4.3 Características de carcaça e qualidade de carne de progênes de touros representativos da raça Nelore

As progênes apresentaram-se diferentes quanto ao rendimento de carcaça ($P < 0,05$), foram observadas variações fenotípicas da ordem de 2,20 pontos percentuais. Esta característica tem um importante valor econômico para o produtor, devendo ser conduzidos mais estudos com o objetivo de determinar mais profundamente a capacidade de serem alcançadas melhorias genéticas neste parâmetro (Tabela 9).

Tabela 9 - Dados de carcaça e qualidade de carne de progênie filhas de touros representativos da raça Nelore (P<0,05)

	PVI ¹	PVF ²	PCQ ⁴	Altura ³	Rendimento ⁴	EG ⁵	EE	AOL	EM	FC	IFM
Pai	kg	kg	kg	cm	%	mm	%	cm ²	kg	kg	kg
1	393,1	482,0	262,8	1,47	54,39	6,33	3,41	73,11	220	4,35	23,78
2	374,1	476,8	255,2	1,46	53,56	3,83	3,19	72,33	190	4,50	29,33
3	412,1	494,5	270,1	1,50	54,76	6,00	2,84	66,40	150	4,00	28,83
4	387,5	470,5	260,8	1,48	55,29	4,09	2,66	70,00	154	5,39	20,73
5	381,8	482,2	258,6	1,48	53,61	5,40	2,75	64,80	186	6,37	19,80
6	392,1	492,7	274,7	1,49	55,75	4,50	2,38	74,30	148	5,52	23,17
7	386,6	476,3	261,5	1,48	54,87	5,00	3,61	68,40	203	4,30	23,73
8	413,1	514,6	280,5	1,49	54,61	5,79	3,18	70,14	174	4,60	29,20
DP	28,66	36,62	37,0	0,04	0,01	1,72	1,54	5,90	58	1,33	7,77
P>F	0,05	0,09	0,06	0,78	0,005	0,03	0,63	0,05	0,13	0,02	0,06

¹PVI, peso vivo inicial, kg; ²PVF, peso vivo final, kg; ³PCQ, peso de carcaça quente, kg; ⁴Rendimento, rendimento de carcaça, %; ⁵EG, espessura de gordura subcutânea, mm; ⁶EE, teor de extrato etéreo, %; ⁷AOL, área de olho de lombo, mm²; ⁸EM, escore de marmoreio; ⁹FC, força de cilhsamento, kg; ¹⁰IFM, índice de fragmentação miofibrilar

Os valores de espessura de gordura variaram ($P < 0,05$) entre as progênes, onde o valor médio mínimo foi de 3,83 mm e máximo de 6,33 mm. Os pais com progênes superiores foram os Touros 1, 3 e 8. Isto pode indicar que os touros podem ter potencial diferente para deposição de gordura subcutânea, mas dados genéticos precisam ser obtidos com avaliações de maior número de animais. A espessura de gordura subcutânea tem grande importância na industrialização da carne, sendo fundamental no processo de resfriamento da carcaça, pois serve como isolante térmico. O resfriamento deve ser lento e gradual para não causar encurtamento das fibras e, conseqüentemente o endurecimento da carne. A falta de gordura de cobertura permite a perda excessiva de água ocasionando, além de perda de peso, o escurecimento da carne durante o período de resfriamento. A variabilidade observada para tal característica no presente estudo indica possibilidade de selecionar animais que apresentem melhor acabamento de carcaça, ou seja, maior espessura de gordura subcutânea. A indústria da carne tem bonificado criadores que produzam carcaças com nível de gordura adequado acima de 3 a 6 mm. Isto vem de encontro com a herdabilidade observada (0,36) para a espessura de gordura subcutânea (YOKOO et al., 2009).

Embora não tenham sido observadas diferenças ($P < 0,05$) entre as progênes, houve tendência ($P < 0,10$) de diferença para as características área de olho de lombo e peso de carcaça quente (Tabela 9). Na musculosidade, medida pela área de olho de lombo (AOL) e o rendimento de cortes comerciais, as progênes dos Touros 1, 2 e 6 destacaram-se aos demais. Luchiari Filho (2000) relata também que esta característica tem correlação positiva com a porção comestível da carcaça.

As progênes apresentaram diferenças ($P < 0,05$) quanto a força de cisalhamento com valor mínimo e máximo de 4,00 e 6,37 kg (Tabela 9). As progênes dos Touros 4, 5 e 6 apresentaram valores de maciez acima de 4,6 kg, o que é considerado superior ao limiar de 3,9 kg para os padrões internacionais de maciez de carne, segundo Shackelford et al. (1991). Já as demais progênes apresentaram valores de maciez ao redor de 4,30 kg, representando maciez adequada para consumo segundo Luchiari Filho (2000) (Tabela 9). Quanto ao

Índice de fragmentação miofibrilar foi verificada tendência ($P=0,06$) de diferença entre as progênes para esta medida objetiva de maciez com valores mínimos de 19,80 e máximo de 29,33 (Tabela 9). A genética possui contribuição significativa para a variação total da maciez, que é diferente entre e dentro de raças. Apesar de as diferenças na maciez entre raças bovinas, principalmente entre *Bos indicus* e *Bos taurus*, serem identificadas (WHEELER et al., 1996), as pesquisas recentes sugerem que as diferenças na maciez entre os reprodutores da mesma raça são maiores do que as diferenças médias de maciez entre algumas raças (WULF et al., 1996; O'CONNOR et al., 1997; MAGNABOSCO et al., 2005; SAINZ et al., 2005). Como a maciez é um traço moderadamente hereditário (GREEN et al., 2004), a seleção do reprodutor para melhorar a força de cizalhamento da carne bovina poderá trazer excelentes resultados.

O teor de extrato etéreo e escore de marmoreio (Tabela 8) foram semelhantes para as progênes ($P>0,05$). O constituinte químico extrato etéreo não apresentou maior amplitude no presente estudo provavelmente pela homogeneidade dos animais e do manejo. Apesar de que não haver efeito significativo do pai para a característica marmoreio, observa-se que dos filhos do Touro 1, 22% foram classificados como Choice, 56% como Select e somente 22% se enquadraram na categoria Standard. Em comparação, o Touro 6 teve 0%, 22% e 80% dos filhos nas mesmas categorias. No mercado norte-americano as carcaças do primeiro grupo valeriam até 25% mais do que as do segundo grupo. Isto demonstra a necessidade de se fazer um número maior de avaliações das progênes dos diferentes touros.

As associações fenotípicas entre CAR, características de carcaça e maciez da carne em bovinos da raça Nelore ainda são pouco conhecidas, apontando para a necessidade de mais investigações, e de estudos com maior número de animais. Estes estudos contribuiriam para o surgimento de novas diretrizes no processo de seleção, com o potencial de tornar a pecuária brasileira ainda mais competitiva. Da mesma forma ainda há muito pouco feito com avaliação da qualidade da carne de diferentes progênes de touros Nelore.

5 CONCLUSÕES

Há variação entre animais Nelore para eficiência alimentar medida como consumo alimentar residual (CAR), sendo a magnitude desta variação semelhante à observada em outros trabalhos.

Não houve relação entre o parâmetro de eficiência CAR e o desempenho, peso adulto, características de carcaça e qualidade de carne de novilhos Nelore, terminados em confinamento.

Há variabilidade fenotípica para CAR e características quantitativas e qualitativas da carne de progênes de diferentes touros da raça Nelore.

REFERÊNCIAS

- ALLEONI, G.F.; BOIN, C.; LEME, P.R. Avaliação da composição química e física dos cortes da costela para estimar a composição química corporal de novilhos Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 26, n. 2, p. 382-390, 1997.
- ALMEIDA, R. **Consumo e eficiência alimentar de bovinos em crescimento**. 2005. 181 p. Tese (Doutorado em Nutrição Animal e Pastagens) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.
- ALMEIDA, R.; LANNA, D.P.D.; LEME, P.R. Consumo alimentar residual: um novo parâmetro para avaliar a eficiência alimentar de bovinos de corte. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 41., 2004, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande: SBZ, 2004.1 CD-ROM.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis**. 15th ed. Washington, 1990. 1298 p.
- ARCHER, J.A.; RICHARDSON, E.C.; HERD, R.M. Potential for selection to improve efficiency of feed use in beef cattle: A review. **Australian Journal of Agricultural Science**, Collingwood, v. 50, p. 147-161, 1999.
- ARCHER, J.A.; REVERTER, A.; HERD, R.M.; JOHNSTON, D.J.; ARTHUR, P.F. Genetic variation in feed intake and efficiency of mature beef cows and relationships with postweaning measurements. In: WORLD CONGRESS ON GENETICS APPLIED TO LIVESTOCK PRODUCTION, 7., 2002, Montpellier. **Proceedings...** Montpellier: 2002. 4p.
- ARTHUR, P.F.; ARCHER, J.A.; HERD, R.M. Feed intake and efficiency in beef cattle: overview of recent Australian research and challenges for the future. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, Collingwood, v.44, p.361-369, 2004.
- ARTHUR, P.F.; RENAND, G.; KRAUSS, D. Genetic and phenotypic relationships among different measures of growth and feed efficiency in young Charolais bulls. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v.68, p.131-139, 2001a.
- _____. Genetic parameters for growth and feed efficiency in weaner versus yearling Charolais bulls. **Australian Journal of Agricultural Science**, Collingwood, v.52, p.471-476, 2001b.
- BACH KNUDSEN, K.E. Carbohydrate and lignin contents of plant materials used in animal feeding. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 67, p. 319-338, 1997.

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.

BAUMAN, D.E.; MCCUTCHEON, S.N.; STEINHOOR, W.D.; EPPARD, P.J.; SECHEN, S.J. Sources of Variation and Prospects for Improvement of Productive Efficiency in the Dairy Cow: A Review. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 60, p. 583-592, 1985.

BARTHA, T.; SAYED-AHMED, A.; RUDAS, P. Expression of leptin and its receptors in various tissues of ruminants. **Domestic Animal Endocrinology**, New York, v. 29, p. 193-202, 2005.

BASARAB, J.A. **Latest indicator of feed efficiency could spur new generation of efficient cattle**. Canada Alberta Beef Industry. Disponível em: <http://www.fass.org/fasstrack/news_item.asp?news_id=1705>. Acesso em: 26 out. 2005.

BASARAB, J.A.; PRICE, M.A.; AALHUS, J.L. Residual feed intake and body composition in young growing cattle. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v. 83, p. 189-204, 2003.

BERNDT, A.; ALMEIDA, R.; LANNA, D.P. Importância da gordura na eficiência de produção, qualidade da carne e saúde do consumidor. In: ENCONTRO NACIONAL DO NOVILHO PRECOCE, 7., 2002, Cuiabá. **Anais...** Cuiabá, 2002.1 CD.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Assessoria de Gestão Estratégica. **Projeções do agronegócio: Brasil 2008/2009 a 2018/2019**. 2009. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/pls/portal/docs/PAGE/MAPA/MENU_LATERAL/AGRICULTURA_PECUARIA/PROJECOES_AGRONEGOCIO/PROJECOES%20DO%20AGRONEGOCIO%20BRASIL%202008-2019.PDF>. Acesso em: 15 fev. 2009.

CAMERON, N.D. Across species comparisons in selection for efficiency. In: WORLD CONGRESS ON GENETICS APPLIED TO LIVESTOCK PRODUCTION, 6., 1998, Armidale. **Proceedings...** Armidale, 1998. p. 73-80, 1998.

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.

CASTRO BULLE, F.C.P.; Growth, carcass quality and protein and energy metabolism in beef cattle with different growth potentials and residual feed intakes. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 85, p. 928-936, 2007.

CREW, D. H.; FRANKE, D. E. Heterogeneity of variances for carcass traits by percentage Brahman inheritance. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 76, p. 1803-1809, 1998.

CULLER, R.D.; PARRISH, F.C.; 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. 1177-1180, 1978.

ESTADOS UNIDOS. Department of Agriculture. Disponível em: <<http://www.usda.gov>>. Acesso em: 21 jan. 2009.

FAN, L.Q.; BAILEY, D.R.; SHANNON, N.H. Genetic parameter estimation of postweaning gain, feed intake, and feed efficiency for Hereford and Angus bulls fed two different diets **Journal of Animal Science**, Savoy, v.73, p. 365-372, 1995.

FAPRI. **World agricultural outlook 2006**. Center for Agricultural and Rural Development - Iowa State University, 2006. Disponível em: <<http://www.fapri.iastate.edu/publications>>. Acesso em: 10 jan. 2009.

FERRELL, C.L.; JENKINS, T.G. Cow type and nutritional environment: Nutritional aspects. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 61, p.725-741, 1985.

FOX, J.T. **Characterization of residual feed intake and relationships with performance, carcass and temperament traits in growing calves**. 2004. Thesis (MSc) - Texas A&M University, 2004.

GALATI, R.L.; EZEQUIEL, J.M.B.; SILVA, O.G.C. Equações de predição da composição química corporal a partir do corte da 9-10-11a costelas de bovinos castrados Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 36, n. 2, p. 480-488, 2007.

GOMES, R.C. Carcass traits, retail yield and meat quality of feedlot finished steers fed live yeast culture, monensin and the association of both additives. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, 2009.

GREEN, R.D.; FIELD, T.G.; HAMMETT, N.S. Can cow adaptability and carcass acceptability both be achieved? 2004. **Proceedings...** Disponível em: <<http://www.asas.org/jas/symposia/proceedings/0927.pdf>> 2004. Acesso em: 12 set. 2009.

HENRIQUE, W.; SAMPAIO, A.A.M.; LEME, P.R. Estimativa da composição química corporal de tourinhos Santa Gertrudes a partir da composição química e física das 9-10-11a costelas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 32, n. 3, p. 709-718, 2003.

- HERD, R.M.; BISHOP, S.C. Genetic variation in residual feed intake and its association with other production traits in British Hereford cattle. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v. 63, p. 111-119, 2000.
- HERD, R.M.; ARCHER, J.A.; ARTHUR, P.F. Steers growth and feed efficiency on pasture are favourably associated with genetic variation in sire net feed intake. **Animal Production in Australia**, Collingwood, v.25, p.93-96, 2004.
- 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, suppl. 1, p. E9-E17, 2003.
- HOQUE, M.A.; KATOH, K.; SUZUKI, K. Genetic associations of residual feed intake with serum insulin-like growth factor-I and leptin concentrations, meat quality and carcass cross sectional fat area regions in Duroc pigs. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 87, p. 3069-3075, 2009.
- JENSEN, J.; MAO, I.L.; ANDERSEN, B.B.; MADSEN, P. Residual energy intake and growth, feed intake, and carcass traits of young bulls. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 70, p. 386-395, 1992.
- KOCH, R.M.; SWINGER, L.A.; CHAMBERS, D. Efficiency of feed use in beef cattle. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 22, p. 486-494, 1963.
- LANNA, D.P.D.; ALMEIDA, R.; LEME, P.R. Consumo alimentar residual: um novo parâmetro para avaliar a eficiência alimentar de bovinos de corte. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 41., 2004, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande, SBZ, 2004. 1 CD-ROM.
- LANNA, D.P.D.; CALEGARE, L.; ALMEIDA R.; BERNDT, A. Eficiência econômica de vacas de corte de raças puras e cruzadas. In: SIMPÓSIO DE PECUÁRIA DE CORTE, 3., 2003, Lavras. **Anais...** Lavras, 2003. p. 87-110.
- LEME, P.R.; GOMES, R.C. Características de carcaça de novilhos Nelore com diferente consumo alimentar residual In: REUNIÓN ASOCIACIÓN LATINOAMERICANA DE PRODUCCIÓN ANIMAL, 20., 2007, Cuzco. **Anais...** Cuzco: ALPA, 2007. 1 CD-ROM.
- 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**, Amsterdam, v. 57, p. 347-358, 1996.

LIU, M.F.; GOONEWARDENE, L.A.; BAILEY, D.R.C.; BASARAB, J.A.; KEMP, R.A.; ARTHUR, P.F.; OKINE, E.K.; MAKARECHIAN, M. A study in the variation of feed efficiency in station tested beef bulls. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v. 80, p. 435-441, 2000.

LUCHIARI FILHO, A. **Pecuária da carne bovina**. São Paulo: 2000. 134 p.

MAGNABOSCO, C.U.; BARBOSA, V.; SAINZ, R.D.; MANICARDI, F.; CUNHA, F.A.C.; FARIA, C.U.; TROVO, J.B.F.; BEZERRA, A.L.F.; LÔBO, R.B. Introdução de novas DEPs de carcaça no aumento da eficiência de produção da raça Nelore. In: SEMINÁRIO DA MARCA OB, 3., 2005, Cuiabá. **Anais...** Cuiabá, 2005. 1 CD-ROM.

McDONAGH, M.B.; Meat quality and the calpain system of feedlot steers following a single generation of divergent selection for residual feed intake. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, Collingwood, v. 41, p. 103-121, 2001.

MOORE, K.L.; JOHNSTON, D.J.; GRASER, H.U.; HERD, R. Genetic and phenotype relationships between insulin-like growth factor-I (IGF-I) and the net feed intake, fat and growth traits in Angus beef cattle. **Australian Journal of Research**. Collingwood, v. 56, p. 211-218, 2005.

NKRUMAH, J.D.; KEISLER, D.H.; CREWS, D.H.; BASARAB, J.A.; WANG, Z.; LI, C.; PRICE, M.A.; OKINE, E.K.; MOORE, S.S. Genetic and phenotypic relationships of serum leptin concentration with performance, efficiency of gain, and carcass merit of feedlot cattle. **Journal of Animal Science** 2007.85:2147-2155.

NKRUMAH, J.D.; OKINE, E.K.; MATHISON, G.W.; SCHMID, K.; 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.

O'CONNOR, S.F.; TATUM, J.D.; WULF, D.M. Genetics effects on beef tenderness in *Bos indicus* composite and *Bos taurus* cattle. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 75, n. 7, p. 1822-1830, 1997.

OWENS, F.N.; DUBESKI, P.; HANSON, C.F. Factors that alter the growth and development of ruminants. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 71, p. 3138-3150, 1993.

PAULINO, P.V.R.; CASTRO, F.C.; MAGNABOSCO, A.C.S.; SAINZ, R.D. Performance and residual feed intake differences between steers housed in individual or group pens. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 82, suppl. 1, p. 43, 2004.

PEREIRA, J.C.C. **Melhoramento genético aplicado à produção animal**. 4. ed. Belo Horizonte: FEPMVZ Ed., 2004. 609 p.

RENAND, G.; FOUILLOUX, M.N.; MENISSIER, F. Genetic improvement in beef production traits by performance testing beef bulls in France. In: WORLD CONGRESS ON GENETICS APPLIED TO LIVESTOCK PRODUCTION, 6., 1998, Armidale. **Proceedings...** Armidale: 6WGCALP, 1998. p. 77-80.

RESTLE, J.; VAZ, F.N.; ALVES FILHO, D.C. Desempenho na fase de crescimento de machos bovinos inteiros ou castrados de diferentes grupos genéticos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 29, n. 4, p. 1036-1043, 2000.

RICHARDSON, E.C.; HERD, R.M. 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**, Collingwood, v. 41, p. 1065-1072, 2001.

_____.; Biological basis for variation in residual feed intake in beef cattle. 2. Synthesis of results following divergent selection. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, Collingwood, v. 44, n. 4/5, p. 431-440, 2004.

ROBINSON, D.L.; ODDY, V.H. Genetics parameters for feed efficiency, fatness, muscle area, and feeding behavior of feedlot finished beef cattle. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v. 90, p. 255-270, 2004.

ROBINSON, D.L.; FERGUSON, D.M.; ODDY, V.H.; PERRY, D.; THOMPSON, J. Genetic and environmental influences on beef tenderness. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, Collingwood, v. 41, p. 33, 2001.

SHACKELFORD, S.D.; MORGAN, J.B.; CROSS, H.R.; SAVELL, J.W. Identification of threshold levels for Warner-Bratzler shear force in beef top loin steaks. **Journal of Muscle Foods**, Trumbull, v. 2, p. 289-296, 1991.

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.; MAGNABOSCO, C.U.; MANICARDI, F.; ARAUJO, F.; LEME, P.R.; LUCHIARI, A.; MARGARIDO, R.; PEREIRA, A. S. C.; GUEDES, C. F. Projeto OB-Choice: Genética para melhorar a qualidade da carne brasileira. In: SEMINÁRIO DA MARCA OB, 3., 2005, Cuiabá. **Anais...** Cuiabá, 2005. p.1-17.

SUNDSTROM, B. **Net feed intake**: a feed efficiency measure (Now with IGF-1). 2004. Disponível em: <http://www.angusaustralia.com.au/netfeed_intakeebvs.htm>. Acesso em: 23 jul. 2004.

VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B.; LEWIS, B.A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v. 74, p. 35-83, 1991.

WEISS, W.P.; CONRAD, H.R.; PIERRE, N.R. St. A theoretically-based model for predicting total digestible nutrient values of forages and concentrates. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 39, p. 95-110, 1992.

WHEELER, T.L.; CUNDIFF, L.V.; KOCH, R.M. Characterization of biological types of cattle (Cycle IV): carcass traits and longissimus palatability. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 74, n. 5, p. 1023-1035, 1996.

WHEELER, T.L.; SHACKELFORD, S.D.; KOOHMARAIE, M. **Shear force procedures for meat tenderness measurement**. 2001. Disponível em: <http://meats.marc.usda.gov/MRU_WWW/Protocol/WBS.pdf>. Acesso em: 27 ago. 2007.

WULF, D.M.; TATUM, J.D.; GREEN, R.D. Genetic influences on beef *Longissimus* palatability in Charolais and Limousine sired steers and heifers. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 74, n. 10, p. 2394-2405, 1996.

ZIEBA, D.A.; AMSTALDEN, M.; WILLIAMS, G.L. Regulatory roles of leptin in reproduction and metabolism: a comparative review. **Domestic Animal Endocrinology**, Amsterdam, v. 29, p. 166-185, 2005.